Sborník přednášek
Betonové vozovky 2008
3. mezinárodní konference

30. října 2008
Dům kultury v Kroměříži

Conference proceedings
Concrete Roads 2008
3rd International Conference

30th October 2008
Culture Center in Kroměříž, Czech Republic

Sborník
BETONOVÉ VOZOVKY 2008
3. mezinárodní konference
Kolektiv autorů

Vydavatel: Svaz výrobců cementu ČR, Dálniční stavby Praha, a. s., Skanska DS a.s.
1. vydání
říjen 2008
brožované

ISBN 978-80-254-3167-2

Obsah

Přednáška – Normy a navrhování betonových vozovek

The new Austrian concrete roads standard and ideas for a new quality management-concept **5**
Nové rakouské normy pro betonové vozovky a záměry nové koncepce řízení kvality **9**
Dipl.-Ing. Dr. Tech. Günter Breyer, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Rakousko

Dickenbemessung für Sonderlasten **13**
Dimenzování tloušťky pro zvláštní zatížení **19**
Dr.-Ing. Lissi Pfeifer, Německo

Přednáška – Životní prostředí a povrchové vlastnosti

Bright concrete surfaces preventing thermal heating in cities **27**
Světlé povrchy betonu jako ochrana proti horku ve městech **34**
Dipl.-Ing. Martin Peyerl, Forschungsinstitut der VŐZ, Wien, Rakousko
Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan Krispel, Forschungsinstitut der VŐZ, Wien, Rakousko

Reduction of toxic substances by using concrete pavements **41**
Omezení emisí škodlivých látek při použití betonových povrchů **49**
Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan Krispel, Forschungsinstitut der VŐZ, Wien, Rakousko
Dipl.-Ing. Martin Peyerl, Forschunsginstitut der VŐZ, Wien, Rakousko

Exposed aggregate concrete. Experiences in Germany **57**
Beton s obnaženým kamenivem. Zkušenosti z Německa **63**
Dipl.-Ing. Tim Alte-Teigeler, OAT GmbH, Německo

Environmentální aspekty výroby a využívání portlandských cementů směsných **69**
Ing. Jan Gemrich, Svaz výrobců cementů ČR

Přednáška – Diagnostika a opravy

The implementation of a pavement management system and asset evaluation for a road networks **75**
Realizace systému hospodaření s vozovkou a vyhodnocení jeho přínosu pro silniční síť **77**
Dr. Gianfranco Battiato, President of RODECO Group, Itálie

The surface picture as decision base for maintenance systems and its further development **79**
Stav povrchu jako rozhodovací podklad pro systém údržby a jeho další vývoj **85**
Dipl.-Ing. Stephan Villaret, Villaret Ingenieurgesellschaft GmbH, Německo

Přednáška – Zkušenosti z výstavby a zajímavé realizace

Roundabouts with concrete pavements in Austria **93**
Betonové okružní křižovatky v Rakousku **98**
Dipl.-Ing. Dr. Johanes Steigenberger, Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, Rakousko

Letištní vozovky a některé poznatky z provozu **103**
Ing. Vladimír Roith, Nikodém & Partner

Stavba těžce zatížených ploch v České republice. Terminál ČD Lovosice **109**
Ing. Jaroslava Škarková, Dálniční stavby Praha, a.s.

Cementobetonové kryty na cyklostezkách **115**
Petr Škoda, Skanska DS a.s.

1. blok přednášek

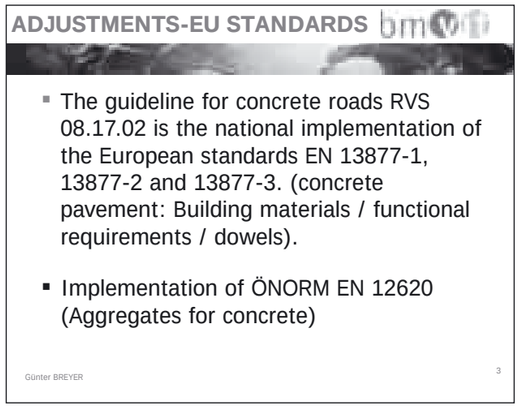
Normy a navrhování betonových vozovek

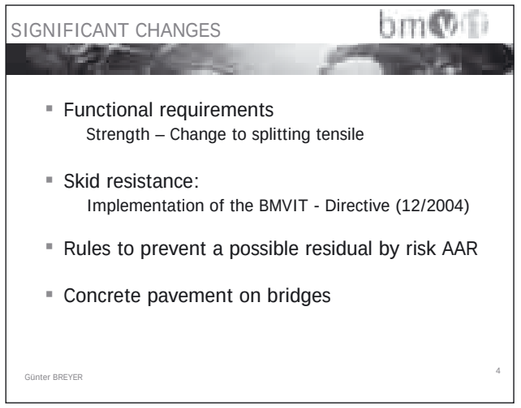
Session 1

Standards and the Design of Concrete Roads

The new Austrian concrete roads standard and ideas for a new quality management-concept

Dipl.-Ing. Dr. Tech. Günter Breyer
Bundesministerium für Verkehr,
Innovation und Technologie, Rakousko





CONCRETE – INITIAL TEST

RVS 08.17.02

Table 9.1a: Initial test:
Requirements for EN 13877-1-
Splitting tensile strength

	Splitting tensile strength class	Initial test [N/mm²] Single Values
Lower course	S 2,7	3,7
Upper course	S 3,3	4,4

ROAD - STRENGTHS

Functional requirements for contract lots > 20.000 m²

For examine the 28-day splitting tensile strength 3 cores (d=10cm) shall be taken on one concrete slab to the full depth of the concrete pavement

Table 9.2a: Functional requirements – Splitting tensile strength

	Splitting tensile strength class	Acceptance test [N/mm²]	
		Single Values	Medium Value of 3 Single Values
UC + LC	SC 2,4	1,9	2,9
UC	SC 2,7	2,2	3,2

SKID RESISTANCE

- BMVIT – Directive from December 2004 for New Roads
- High speed (60 km/h) Measuring System ROAD STAR – slipping wheel (RVS 11.05.65)
- Requirements:

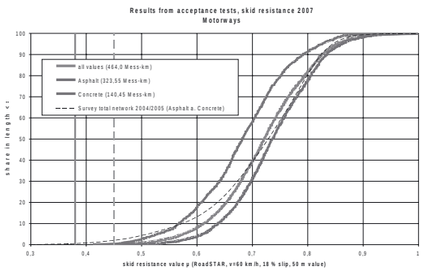
μ ≥ 0,59 ☑ at acceptance (opening to traffic)

μ < 0,56 there is a **defect** :
- **μ > 0,45 and μ < 0,56**
  - improving measures
  - penalty for substandard quality
- **μ < 0,45 no acceptance (!)**

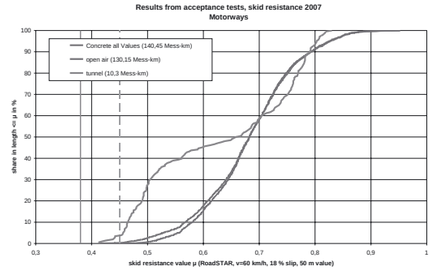
- **μ ≥ 0,49 ☑ at the end of the guarantee period (5y)**

SKID RESISTANCE

SKID RESISTANCE



SKID RESISTANCE



REQUIREMENTS AGGREGATES (1)

Required aggregates for exposed-aggregate concrete	0/1 or 0/2 and GK 8: 4/8 GK11: 4/8 + 8/11 or 4/11
Aggregate maximum density	Value ± 30 kg/m³
Grading > 4 mm ≤ 4 mm	 G_C90/15; > 11/..: G_C85/20 G_F85
Aggregate form	SI_{40}, for exposed-aggregate concrete > 4/.. SI_{15}

REQUIREMENTS AGGREGATE (2)

Content of crushed aggregate in coarse mineral aggregates		$C_{90/1}$
Resistance to fragmentation > 4 mm		LA_{20}
Resistance to polishing	> 4 mm	PSV_{50}
	≤ 4 mm	CO_2 < 15% **or** PWS ≥ 0,55
Alkali silica reaction in accordance with ÖNORM B 3100		environment class 3

CONCRETE PAVEMENTS BRIDGES (1)

- Before and after the bridge: the bituminous sub base shall be surface-milled over a distance of at least 150m (better bonding).
- On the bridge and 150m before and after:
  all joints must be sealed
- Bridges without expansion joints :
  - Contraction joint matching the support line

OPENING TO TRAFFIC

- Generally 3 days after finishing the concrete
- 70 % of the 28 days splitting tensile strength
- 60 % of the 28 days splitting tensile strength (good bond, square slabs)
- High early strength concrete for roads (mainly for repair works):
  - already after 12 hours finishing

IDEAS FOR A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR CONCRETE PAVEMENT

ISSUE

- Concrete pavements are economical if:
  - they exist 40-50 years
  - for the first 15-20 years there should be nearly no maintenance needs
  - after that time: only 1 or max. 2 maintenance campaigns (sealing joints, changing single thin overlays)

ISSUE (2)

- Constructing concrete pavements is an ambitious and difficult job
- This construction method does not forgive bad mistakes and sloppiness
- The Life Cycle Bonus for concrete pavements is only possible if the concrete pavement is:
  - correctly designed (thickness, joint distance, dowels
  - additional reserves (+ 2 cm thickness, shorter joint distances)
  - high, consistent and continuous quality

REQUIREMENTS

- Cement- and concrete industry: shall provide:
  - technical research and development (.... exposed aggregate concrete, recycling, high-performance concrete)
  - quality improvement under competitive conditions (perfectionism can be uneconomical a total exploitation of the construction as well)
  - training for experts and managers
  - active marketing

REQUIREMENTS (2)

- Universities:
  - Education of interested students
  - research and development with international collaboration
- Construction industry:
  - excellent know how
  - excellent construction equipment
  - trained and skilled employees
  - must see quality as an advantage in compentition

REQUIREMENTS (3)

- Client (Road Administration):
  - sees a challenge in alternative construction methods
  - is prepared to deal with (new) technical solutions
  - has sufficient own technical know to evaluate the quality of external inputs
  - provides high standards for a quality management system, including training and further education

APPROACH

- Quality standards for construction materials as well as for all persons involved
  - construction materials (standardisation, CE-labelling, market surveillance)
  - certification of skilled personal (specialists, site-managers)
  - certification of construction equipments
  - certification of the site supervision (particularly if outsourced to consultants)

TODAY'S SITUATION

- Corporate approach with asphalt roads and bridge construction
- Setup of a corporate training- education- and certification system
- Examples:
  - Handling of concrete renovation mortar (ÖVBB)
  - Installation of bridge bearing structures (ON)
  - Certification of Road Safety Audiors (FSV)

Nové rakouské normy pro betonové vozovky a záměry nové koncepce řízení kvality

Dipl.-Ing. Dr. Tech. Günter Breyer
Bundesministerium für Verkehr,
Innovation und Technologie, Rakousko

NOVÉ RVS 08.17.02 PRO BETONOVÉ VOZOVKY

ZÁMĚRY NOVÉ KONCEPCE ŘÍZENÍ KVALITY

Dr. Günter BREYER
Bundesministerium für Verkehr,
Innovation und Technologie

3. konference Betonové vozovky 2008
30. října 2008, Kroměříž, ČR

NOVÝ RVS 08.17.02

Technische Vertragsbedingungen
BETONDECKEN – DECKENHERSTELLUNG RVS 08.17.02
Ausgabe 1., März 2007

Technické smluvní podmínky
BETONOVÉ KRYTY – PROVÁDĚNÍ RVS 08.17.02
Vydání 1., březen 2007

PŘIZPŮSOBENÍ EU NORMÁM

- Předpisy pro betonové vozovky
  RVS 08.17.02 jsou výsledkem zavedení evropských norem EN 13877-1, 13877-2 a 13877-3 (Cementobetonové kryty: stavební materiály / funkční požadavky / kluzné trny).
- Zavedení ÖNORM EN 12620 (Kamenivo do betonu)

VÝRAZNÉ ZMĚNY

- Funkční požadavky
  Pevnost – změna na pevnost v příčném tahu
- Odolnost proti smyku:
  Implementace směrnice BMVIT (12/2004)
- Pravidla k omezení rizika AAR (reaktivnost kameniva s alkáliemi)
- Cementobetonové kryty na mostech

BETON – ZKOUŠKA TYPU (průkazní zkouška)

RVS 08.17.02

Tabulka 9.1a: zkouška typu:
Požadavky EN 13877-1
pevnost v příčném tahu

	třída pevnosti v příčném tahu	zkouška typu [N/mm²] jednotlivé hodnoty
Spodní vrstva	S 2,7	3,7
Horní vrstva	S 3,3	4,4

VOZOVKY – PEVNOSTI

Funkční požadavky pro kontrakty o ploše > 20 000 m²

Pro ověření 28denní pevnosti v příčném tahu se musí z celé tloušťky cementobetonového krytu odebrat tři vývrty (o průměru 10 cm)

Tabulka 9.2a: Funkční požadavky – pevnost v příčném tahu

	třída pevnosti v příčném tahu	přejímací zkouška [N/mm²]	
		jednotlivé hodnoty	střední hodnota ze 3 jedn. hodnot
vrchní + spodní vrstva	SC 2,4	1,9	2,9
vrchní vrstva	SC 2,7	2,2	3,2

ODOLNOST PROTI SMYKU

- BMVIT – směrnice z prosince 2004 pro nové vozovky
- Vysokorychlostní (60 km/h) měřící systém ROAD STAR – kolo ve smyku (RVS 11.05.65)
- Požadavky:

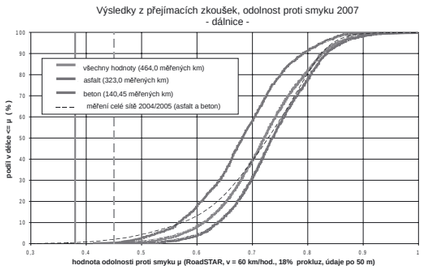
μ ≥ 0,59 ☑ při přejímce (uvolnění do provozu)

μ < 0,56 je vadou:
- **μ > 0,45 a μ < 0,56**
  - opatření ke zlepšení
  - pokuta za nedostatečnou kvalitu
- **μ < 0,45 nelze převzít (!)**

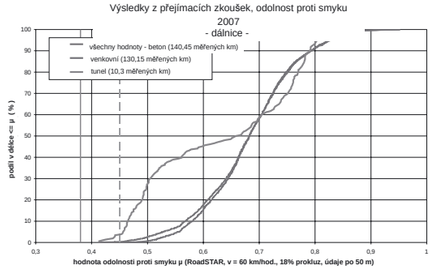
- **μ ≥ 0,49 ☑ na konci záruční doby (5 let)**

ODOLNOST PROTI SMYKU

ODOLNOST PROTI SMYKU



ODOLNOST PROTI SMYKU



POŽADAVKY NA KAMENIVO (1)

Kamenivo požadované pro beton s obnaženým kamenivem	0/1 nebo 0/2 a max. zrno 8: 4/8 max. zrno 11: 4/8 + 8/11 or 4/11
Maximální měrná hmotnost kameniva	Hodnota ± 30 kg/m³
Zrnitost > 4 mm ≤ 4 mm	 G_c90/15; > 11/..: G_c85/20 G_c85
Tvarový index	SI_{40} – pro beton s obnaženým kamenivem > 4 .. SI_{15}

POŽADAVKY NA KAMENIVO (2)

Obsah drceného kameniva	$C_{90/1}$
Odolnost proti drcení > 4 mm	LA_{20}
Odolnost proti ohladitelnosti > 4 mm ≤ 4 mm	PSV_{50} CO_2 < 15 % nebo PWS ≥ 0,55
Alkalicko-křemičitá reakce v souladu s ÖNORM B 3100	třída prostředí 3

BETONOVÉ KRYTY NA MOSTECH (1)

- Před a za mostem:
  povrch asfaltové podkladní vrstvy musí být do vzdálenosti nejméně 150 m vyfrézován (pro lepší spojení)
- Na mostě a 150 m před a za mostem:
  všechny spáry musí být utěsněné
- Mosty bez expanzních spár:
  – kontrakční spáry odpovídající podepření (nosníkům)

UVOLNĚNÍ DO PROVOZU

- Obecně 3 dny po dokončení pokládky
- 70 % 28denní pevnosti v příčném tahu
- 60 % 28denní pevnosti v příčném tahu (dobré spojení, čtvercové desky)
- Rychletuhnoucí vozovkové betony (hlavně pro opravy):
  - již 12 hodin po pokládce

ZÁMĚRY NOVÉ KONCEPCE ŘÍZENÍ KVALITY PRO CEMENTOBETONOVÉ KRYTY

ZÁSADY

- Betonové kryty jsou ekonomické v případě, že:
  - existují 40–50 let
  - během prvních 15–20 let by neměly být potřebné téměř žádné opravy
  - po této době: pouze 1 nebo 2 údržbové zásahy (těsnění spár, výměna jednotlivých tenkých překrytí)

ZÁSADY (2)

- Stavba cementobetonových krytů je náročná a obtížná práce
- Tato stavební technologie nepromíjí hrubé chyby a nedbalost
- Zvýšení životnosti je možné jen tehdy, jestliže cementobetonový kryt
  - je správně navržený (tloušťka, spárořez, kluzné trny)
  - jsou realizovány rezervy (+2 cm tloušťky, kratší vzdálenosti spár)
  - má vysokou, stálou a kontinuální kvalitu

Günter BREYER 17

POŽADAVKY

- Průmysl cementu a betonu by měl poskytnout:
  - technický výzkum a vývoj (... beton s obnaženým kamenivem, recyklace, vysokohodnotný beton)
  - zlepšení kvality v podmínkách soutěže (perfekcionizmus může být neekonomický a stejně tak úplné vyčerpání konstrukce)
  - školení pro experty a manažery
  - aktivní marketing

Günter BREYER 18

POŽADAVKY (2)

- Vysoké školy:
  - vzdělání studentů, kteří mají zájem
  - výzkum a vývoj v rámci mezinárodní spolupráce
- Stavební průmysl:
  - výborné know-how
  - výborné stavební vybavení
  - vyškolené a zručné zaměstnance
  - musí chápat kvalitu jako konkurenční výhodu

Günter BREYER 19

POŽADAVKY (3)

- Klient (Správa silnic):
  - přijímá výzvu alternativních stavebních technologií
  - je připraven zabývat se novými technickými řešeními
  - má dostatečnou technickou znalost pro vyhodnocení kvality vnějších vstupů
  - zajišťuje vysoké standardy pro systémy řízení kvality, včetně výcviku a dalšího vzdělávání

Günter BREYER 20

POSTOJ

- Vyžadují se normy jakosti pro stavební materiály a pro veškerý personál
  - stavební materiály (standardizace, CE--označování, monitorování trhu)
  - certifikace kvalifikovaného personálu (specialistů, vedoucích staveb)
  - certifikace stavebního vybavení
  - certifikace stavebního dozoru (zejména u najatých specialistů)

Günter BREYER 21

SOUČASNÁ SITUACE

- Společný postoj s asfaltovými vozovkami a mostními konstrukcemi
- Nastavení systému společného výcviku, vzdělávání a certifikace
- Příklady:
  - Zacházení s maltou pro sanaci betonu (ÖVBB)
  - Montáž nosných konstrukcí pro mosty (ON)
  - Certifikace auditorů dopravní bezpečnosti (FSV)

Günter BREYER 22

Dickenbemessung für Sonderlasten

Dr.-Ing. Lissi Pfeifer
Německo

3. Tschechische Konferenz
„Betonfahrbahnen“
29.-30.10. 2008

Dickenbemessung für Sonderlasten

Betondecken sind von besonderer Bedeutung für Verkehrsflächen für Sonderlasten wie

- Schwere Gabelstapler
- Container –Hubfahrzeuge (z.B. Kalmar)
- Container
- Schwere Tankfahrzeuge
- Spezialfahrzeuge auf Sonderflächen

Hierfür ist eine besondere Dickendimensionierung erforderlich

Das semiprobabilistische Bemessungs-verfahren/-programm AWDSTAKO kann hierfür modifiziert angewendet werden

Ziel ist

- die Berücksichtigung aller besonderen Einflüsse
- Die Anwendung der unbewehrten Betonbauweisen auch für überschwere Lasten und ungünstige Lasteintragung

Vorwegzunehmen ist:

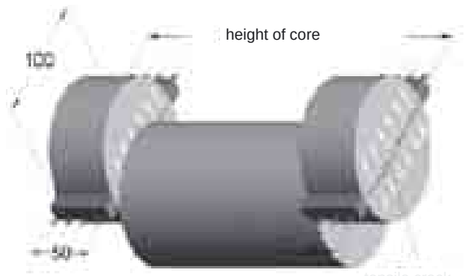
- **Auch für sehr schwere Lasten sind unbewehrte Betondecken möglich**
- Die Randbedingungen hierfür müssen jedoch optimiert werden
- Mit einem dauerhaften **Verbund** zu einer hydraulisch gebundenen Tragschicht kann auch in diesen Fällen **nicht** gerechnet werden !

Ein vollflächiger Verbund mit der gebundenen Tragschicht ist auf Dauer eine Illusion; er löst sich von den Ecken her – oder die horizontale Trennung erfolgt etwas tiefer innerhalb der Tragschicht

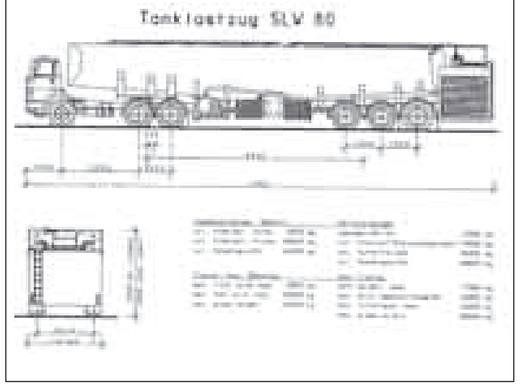
Abscheren in der Tragschicht

Die Bedeutung der **Spaltzugfestigkeit** in der oberen und unteren Randfaser der unbewehrten Betondecke habe ich bereits bei meinem Vortrag vor 2 Jahren gezeigt:
Sie ist zur Dickenbegrenzung für schwere Lasten besonders wichtig und durch eine gezielte Rezeptierung des Betons zu sichern

50 mm slides of cores for tensile split strength

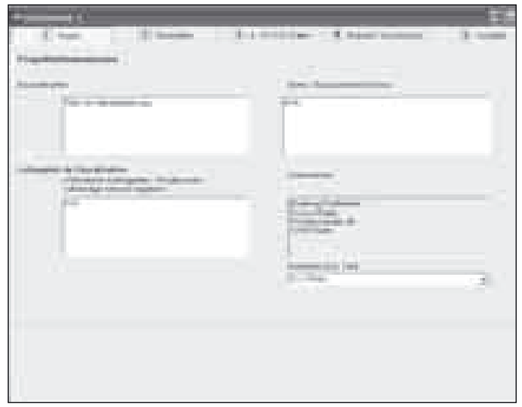


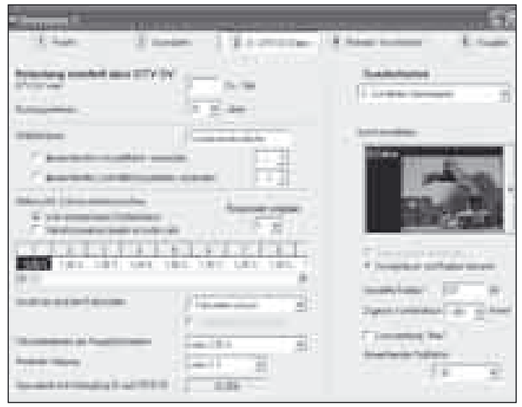
Im Folgenden werden schwere Bemessungsfahrzeuge gezeigt, sowie Verfahrensweisen für die zugehörige Dickenbemessung der unbewehrten Decken

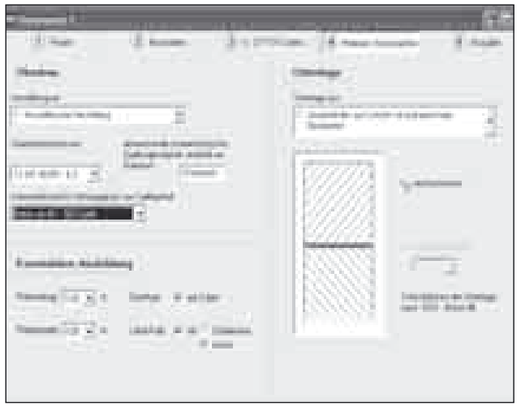


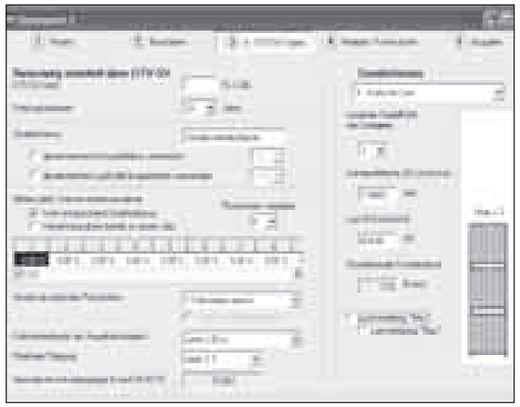
Es folgen schematische Berechnungsbeispiele für die Belastung durch

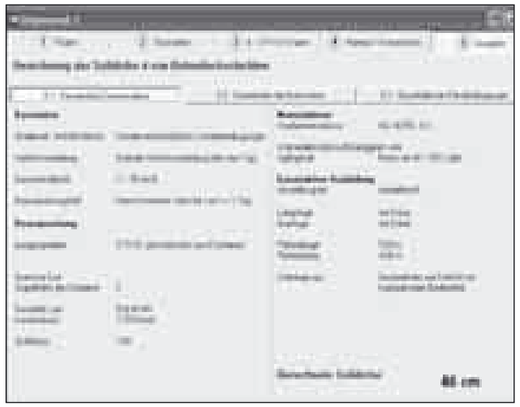
Kalmar
Container
schwerste Tankfahrzeuge

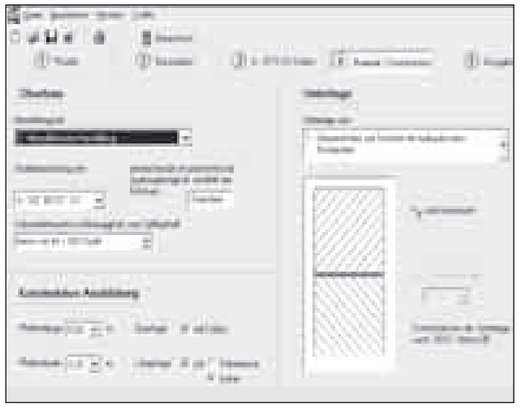


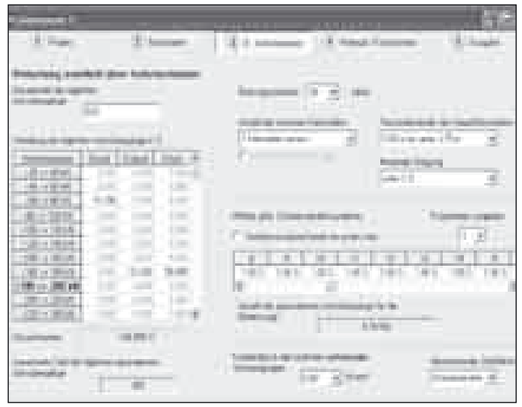


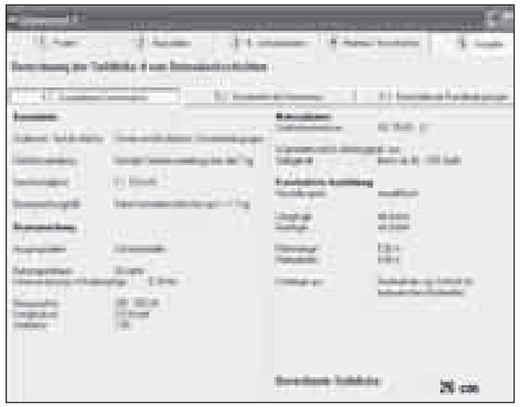












Widmen Sie Ihre besondere Aufmerksamkeit den unbewehrten Betonflächen für schwere Lasten! Es lohnt sich !

Ich danke Ihnen für Ihre Aufmerksamkeit !

Dimenzování tloušťky pro zvláštní zatížení

Dr.-Ing. Lissi Pfeifer
Německo

3. česká Konference „Betonové vozovky“
29.–30.10. 2008

Dimenzování tloušťky pro zvláštní zatížení

Betonové kryty jsou zvláště důležité na velmi zatížených dopravních plochách

- těžkými vysokozdvižnými vozíky
- nakladači kontejnerů (např. Kalmar)
- kontejnery
- těžkými cisternovými vozidly
- na zvláštních plochách speciálními vozidly

Zde je separátní dimenzování tloušťky nezbytné

Zde lze použít modifikovaný polopravděpodobnostní postup/program dimenzování AWDSTAKO

Cílem je

- zohlednit veškeré důležité vlivy
- použít stavební technologii nevyztuženého betonu i u velmi těžkých zatížení a nepříznivého přenosu zatížení

Lze předjímat, že:

- **I pro velmi těžká zatížení jsou nevyztužené betonové kryty možné**
- Omezující podmínky musí být ale každopádně optimalizované
- S trvalým **spojením** k hydraulicky stmelené podkladní vrstvě **nelze** v tomto případě počítat!

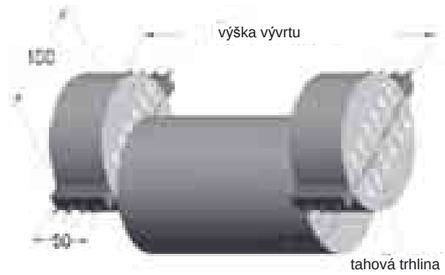
Celoplošné spojení se stmelenou podkladní vrstvou je z dlouhodobého hlediska iluzí: spojení se uvolní v rozích – nebo nastane horizontální oddělení o něco hlouběji uvnitř podkladní vrstvy

Uvolnění v podkladní vrstvě střihem

Význam **pevnosti v příčném tahu** horních a spodních okrajových vláken nevyztuženého betonového krytu jsem již představila ve své přednášce před 2 lety:

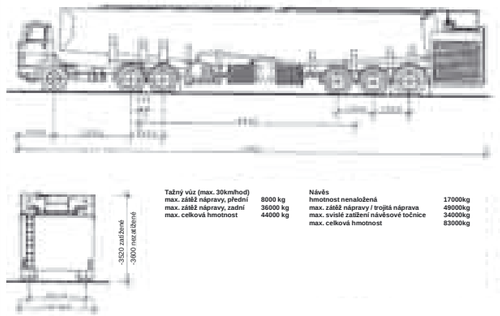
pro určení tloušťky u těžkých zatížení je zvláště důležitá a zajistí se cílenou recepturou betonu.

50mm odřezy vývrtů pro pevnost v příčném tahu



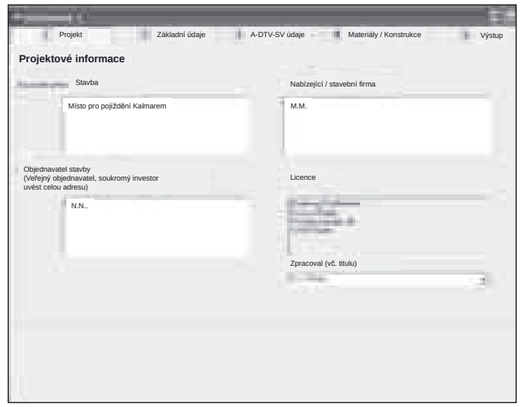
Následně budou představená těžká vozidla a také metody postupu pro dimenzování tloušťky nevyztužených betonových krytů

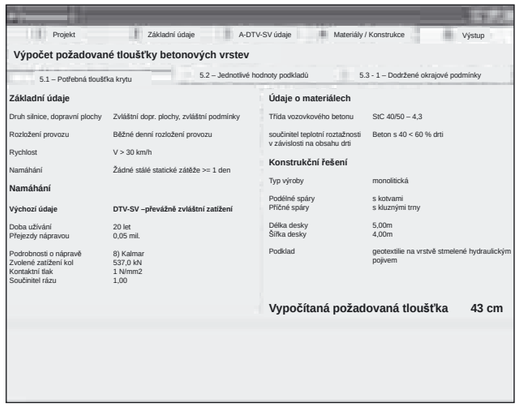
Cisternový nákladní vůz

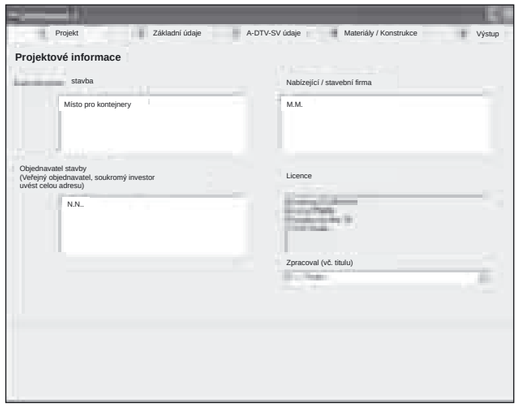


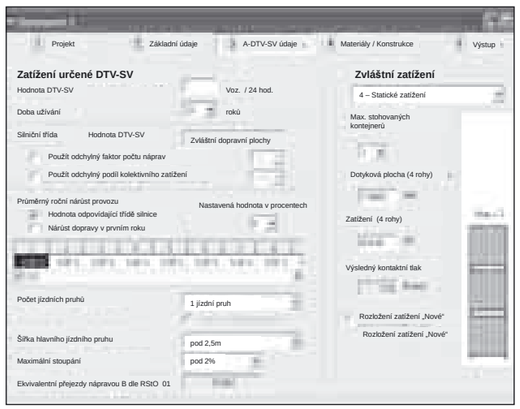
Následují schematické příklady výpočtů zatížení následujícími mechanismy:

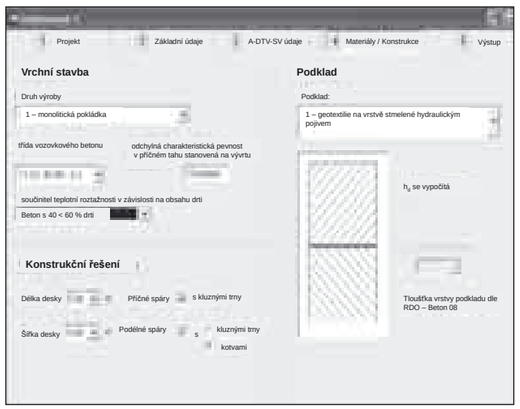
Kalmarem
Kontejnery
Těžkými cisternovými vozidly

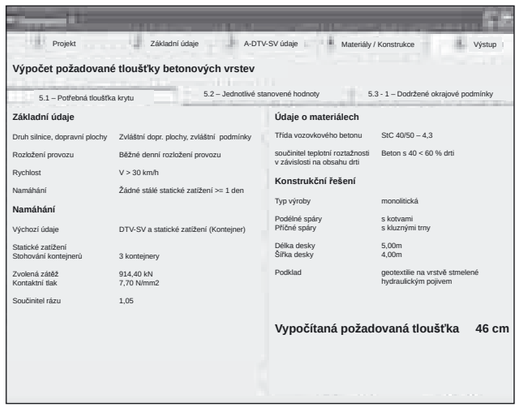


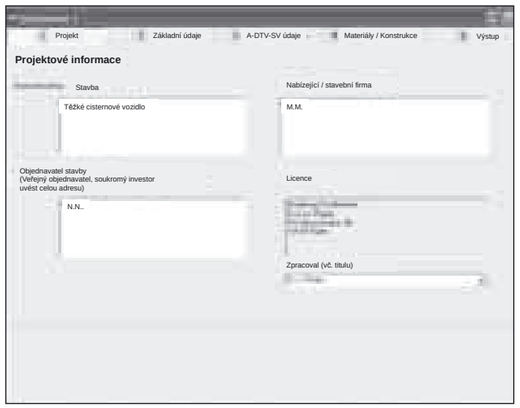

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Výpočet požadované tloušťky betonových vrstev
5.1 – Potřebná tloušťka krytu
5.2 – Jednotlivé hodnoty podkladů
5.3 - 1 – Dodržené okrajové podmínky
Základní údaje
Druh silnice, dopravní plochy
Zvláštní dopr. plochy, zvláštní podmínky
Rozložení provozu
Běžné denní rozložení provozu
Rychlost
V > 30 km/h
Namáhání
Žádné stálé statické zátěže >= 1 den
Namáhání
Výchozí údaje
DTV-SV –převážně zvláštní zatížení
Doba užívání
20 let
Přejezdy nápravou
0,05 mil.
Podrobnosti o nápravě
8) Kalmar
Zvolené zatížení kol
537,0 kN
Kontaktní tlak
1 N/mm2
Součinitel rázu
1,00
Údaje o materiálech
Třída vozovkového betonu
StC 40/50 – 4,3
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti
Beton s 40 < 60 % drti
Konstrukční řešení
Typ výroby
monolitická
Podélné spáry
s kotvami
Příčné spáry
s kluznými trny
Délka desky
5,00m
Šířka desky
4,00m
Podklad
geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem
Vypočítaná požadovaná tloušťka
43 cm

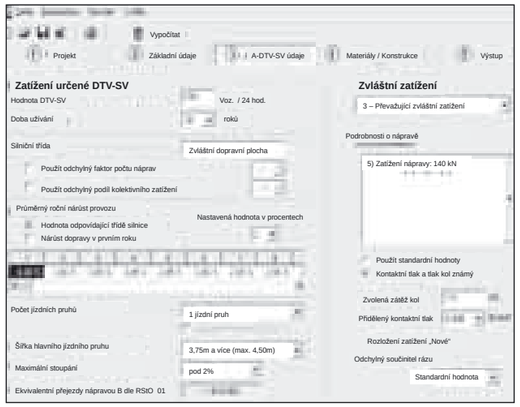

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Projektové informace
stavba
Místo pro kontejnery
Nabízející / stavební firma
M.M.
Objednavatel stavby
(Veřejný objednavatel, soukromý investor
uvést celou adresu)
N.N..
Licence
Zpracoval (vč. titulu)

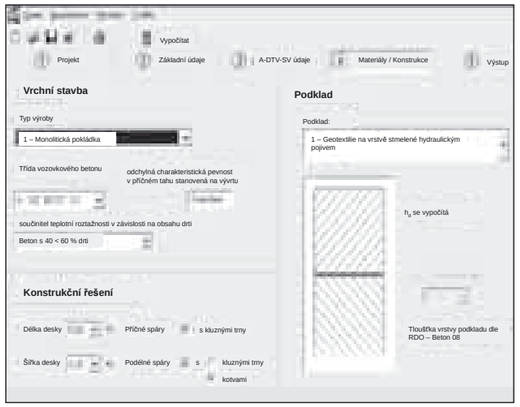

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Zatížení určené DTV-SV
Hodnota DTV-SV
Voz. / 24 hod.
Doba užívání
roků
Silniční třída
Hodnota DTV-SV
Zvláštní dopravní plochy
Použít odchylný faktor počtu náprav
Použít odchylný podíl kolektivního zatížení
Průměrný roční nárůst provozu
Nastavená hodnota v procentech
Hodnota odpovídající třídě silnice
Nárůst dopravy v prvním roku
Počet jízdních pruhů
1 jízdní pruh
Šířka hlavního jízdního pruhu
pod 2,5m
Maximální stoupání
pod 2%
Ekvivalentní přejezdy nápravou B dle RStO 01
Zvláštní zatížení
4 – Statické zatížení
Max. stohovaných kontejnerů
Dotyková plocha (4 rohy)
Zatížení (4 rohy)
Výsledný kontaktní tlak
Rozložení zatížení „Nové“
Rozložení zatížení „Nové“

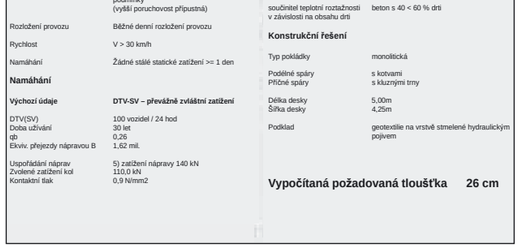

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Vrchní stavba
Druh výroby
1 – monolitická pokládka
třída vozovkového betonu
odchylná charakteristická pevnost v příčném tahu stanovená na vývrtu
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti
Beton s 40 < 60 % drti
Konstrukční řešení
Délka desky
Příčné spáry
s kluznými trny
Šířka desky
Podélné spáry
s
kluznými trny
kotvami
Podklad
Podklad:
1 – geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem
h_u se vypočítá
Tloušťka vrstvy podkladu dle RDO – Beton 08

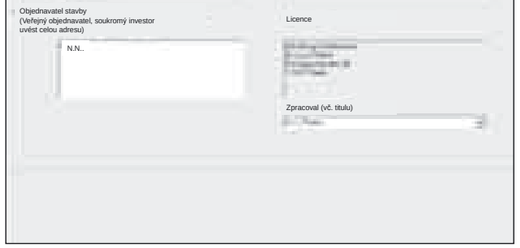

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Výpočet požadované tloušťky betonových vrstev
5.1 – Potřebná tloušťka krytu
5.2 – Jednotlivé stanovené hodnoty
5.3 - 1 – Dodržené okrajové podmínky
Základní údaje
Druh silnice, dopravní plochy
Zvláštní dopr. plochy, zvláštní podmínky
Rozložení provozu
Běžné denní rozložení provozu
Rychlost
V > 30 km/h
Namáhání
Žádné stálé statické zatížení >= 1 den
Namáhání
Výchozí údaje
DTV-SV a statické zatížení (Kontejner)
Statické zatížení
Stohování kontejnerů
3 kontejnery
Zvolená zátěž
914,40 kN
Kontaktní tlak
7,70 N/mm2
Součinitel rázu
1,05
Údaje o materiálech
Třída vozovkového betonu
StC 40/50 – 4,3
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti
Beton s 40 < 60 % drti
Konstrukční řešení
Typ výroby
monolitická
Podélné spáry
Příčné spáry
s kotvami
s kluznými trny
Délka desky
Šířka desky
5,00m
4,00m
Podklad
geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem
Vypočítaná požadovaná tloušťka
46 cm

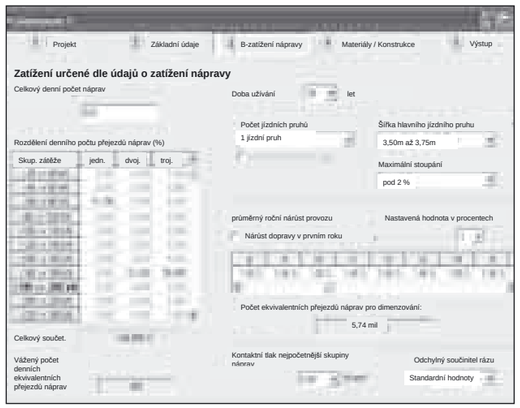

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Projektové informace
Stavba
Těžké cisternové vozidlo
Nabízející / stavební firma
M.M.
Objednavatel stavby
(Veřejný objednavatel, soukromý investor
uvést celou adresu)
N.N..
Licence
Zpracoval (vč. titulu)


Vypočítat
Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Zatížení určené DTV-SV
Hodnota DTV-SV
Voz. / 24 hod.
Doba užívání
roků
Silniční třída
Zvláštní dopravní plocha
Použít odchylný faktor počtu náprav
Použít odchylný podíl kolektivního zatížení
Průměrný roční nárůst provozu
Nastavená hodnota v procentech
Hodnota odpovídající třídě silnice
Nárůst dopravy v prvním roku
Počet jízdních pruhů
1 jízdní pruh
Šířka hlavního jízdního pruhu
3,75m a více (max. 4,50m)
Maximální stoupání
pod 2%
Ekvivalentní přejezdy nápravou B dle RSIO 01
Zvláštní zatížení
3 – Převažující zvláštní zatížení
Podrobnosti o nápravě
5) Zatížení nápravy: 140 kN
Použít standardní hodnoty
Kontaktní tlak a tlak kol známý
Zvolená zátěž kol
Přidělený kontaktní tlak
Rozložení zatížení „Nové“
Odchylný součinitel rázu
Standardní hodnota


Vypočítat
Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Vrchní stavba
Typ výroby
1 – Monolitická pokládka
Třída vozovkového betonu
odchylná charakteristická pevnost v příčném tahu stanovená na vývrtu
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti
Beton s 40 < 60 % drti
Konstrukční řešení
Délka desky
Příčné spáry
s kluznými trny
Šířka desky
Podélné spáry
s
kluznými trny
kotvami
Podklad
Podklad:
1 – Geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem
h_u se vypočítá
Tloušťka vrstvy podkladu dle RDO – Beton 08


Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Výpočet požadované tloušťky betonových vrstev
5.1 – Potřebná tloušťka krytu
5.2 – Jednotlivé stanovené hodnoty
5.3 - 1 – Dodržené okrajové podmínky
Základní údaje
Druh silnice, dopravní plochy
Zvláštní dopravní plochy, zvláštní podmínky
(vyšší poruchovost přípustná)
Rozložení provozu
Běžné denní rozložení provozu
Rychlost
V > 30 km/h
Namáhání
Žádné stálé statické zatížení >= 1 den
Namáhání
Výchozí údaje
DTV-SV – převážně zvláštní zatížení
DTV(SV)
100 vozidel / 24 hod
Doba užívání
30 let
qb
0,26
Ekviv. přejezdy nápravou B
1,62 mil.
Uspořádání náprav
5) zatížení nápravy 140 kN
Zvolené zatížení kol
110,0 kN
Kontaktní tlak
0,9 N/mm2
Údaje o materiálech
Třída silničního betonu
StC 30/37 – 3,7
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti
beton s 40 < 60 % drti
Konstrukční řešení
Typ pokládky
monolitická
Podélné spáry
Příčné spáry
s kotvami
s kluznými trny
Délka desky
Šířka desky
5,00m
4,25m
Podklad
geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem
Vypočítaná požadovaná tloušťka
26 cm


Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Projektové informace
Stavba
speciální kolektivní nápravové zatížení
Nabízející / stavební firma
M.M.
Objednavatel stavby
(Veřejný objednavatel, soukromý investor
uvést celou adresu)
N.N..
Licence
Zpracoval (vč. titulu)


Projekt
Základní údaje
B-zatížení nápravy
Materiály / Konstrukce
Výstup
Zatížení určené dle údajů o zatížení nápravy
Celkový denní počet náprav
Doba užívání
let
Rozdělení denního počtu přejezdů náprav (%)
Skup. zátěže
jedn.
dvoj.
troj.
Počet jízdních pruhů
1 jízdní pruh
Šířka hlavního jízdního pruhu
3,50m až 3,75m
Maximální stoupání
pod 2 %
průměrný roční nárůst provozu
Nastavená hodnota v procentech
Nárůst dopravy v prvním roku
Počet ekvivalentních přejezdů náprav pro dimenzování:
5,74 mil
Celkový součet.
Vážený počet denních ekvivalentních přejezdů náprav
Kontaktní tlak nejpočetnější skupiny náprav
Odchylný součinitel rázu
Standardní hodnoty

Projekt
Základní údaje
A-DTV-SV údaje
Materiály / Konstrukce
Výstup
Vrchní stavba
Typ výroby
1 – Monolitická pokládka
Třída vozovkového betonu
odchylná charakteristická pevnost v příčném tahu stanovená na vývrtu
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti
Beton s 40 < 60 % drti
Konstrukční řešení
Délka desky
Příčné spáry
s kluznými trny
Šířka desky
Podélné spáry
s
kluznými trny
kotvami
Podklad
Podklad:
1 – Geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem
h_u se vypočítá
Tloušťka vrstvy podkladu dle RDO – Beton 08

Projekt | Základní údaje | A-DTV-SV údaje | Materiály / Konstrukce | Výstup

Výpočet požadované tloušťky betonových vrstev

5.1 – Potřebná tloušťka krytu | 5.2 – Jednotlivé stanovené hodnoty | 5.3 - 1 – Dodržené okrajové podmínky

Základní údaje

Druh silnice, dopravní plochy	Zvláštní dopr. plochy, zvláštní podmínky
Rozložení provozu	Běžné denní rozložení provozu
Rychlost	V > 30 km/h
Druh namáhání	Žádné konstantní statické zatížení >= 1 den

Namáhání

Výchozí údaje zatížení	**Tabulka nápravového zatížení**
Doba užívání	30 let
Přejezdy nápravou	5,74 mil.
Základní náprava	180 - 200 kN
Kontaktní tlak	0,8 N/mm2
Součinitel rázu	1,05

Údaje o materiálech

Třída silničního betonu	StC 35/45 – 3,7
součinitel teplotní roztažnosti v závislosti na obsahu drti	Beton s 40 < 60 % drti

Konstrukční řešení

Typ výroby	monolitická
Podélné spáry	s kotvami
Příčné spáry	s kluznými trny
Délka desky	5,00m
Šířka desky	4,00m
Podklad z	Geotextilie na vrstvě stmelené hydraulickým pojivem

Vypočítaná požadovaná tloušťka 26 cm

Věnujte zvláštní pozornost nevyztuženým betonovým plochám pro těžká zatížení! Vyplatí se to!
Děkuji za Vaši pozornost!

2. blok přednášek

Životní prostředí a povrchové vlastnosti

Session 2

The Environment and the Surface Properties of Concrete Roads

Bright concrete surfaces preventing thermal heating in cities

Dipl.-Ing. Martin Peyerl
Forschungsinstitut der VÖZ, Wien, Rakousko
Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan Krispel
Forschungsinstitut der VÖZ, Wien, Rakousko

Helle Betonfl ächen als Schutz gegen städtisches Aufheizen

Die Erwärmung unseres Planeten ist mittlerweile nach jahrelangen Diskussionen ein unbestrittenes Faktum. Aufgrund der steigenden Emission von Treibhausgasen, allein in Österreich betrug der Anstieg der CO_2 Emission von 1999 bis 2004 18,6 %, ist mit einem merklichen Temperaturanstieg in den nächsten Jahrzehnten zu rechnen [8]. Gleichzeitig nimmt der Mensch immer mehr Flächen für Wohnraum und Industrie in Anspruch, wie am stetigen Wachstum der Ballungsräume ersichtlich ist. Aus diesem Grund kommt der Untersuchung des sich vom Umland abhebenden Stadtklimas eine große Bedeutung zu.

Eines der wichtigsten Phänomene der Stadtklimatologie ist die Ausprägung eines zusätzlichen Treibhauseffektes in Städten, so genannter urbaner Wärmeinseln oder Heat-Islands. Unter diesem Begriff versteht man, dass sich das Klima einer Stadt merklich von den großräumig bedingten Werten abhebt, ein Effekt der sich besonders drastisch an heißen und windstillen Sommertagen zeigt [6]. Dadurch wird zusätzlich zu der allgemeinen Erwärmung das Temperaturniveau im urbanen Bereich nochmals erhöht. Diese Temperaturerhöhung an heißen Tagen führt neben einem vermehrten Kühlenergiebedarf zu einem beträchtliches Absinken des Wohlbefi ndens und der Leistungsfähigkeit der Gesamtbevölkerung [5].

Die Veränderung des Klimas einer Stadt gegenüber dem Klima des Umlandes beruht auf einer Vielzahl von Faktoren. Neben allgemeinen Einfl ussparametern wie Lage, Stadtgestalt, Größe der Stadt sowie Bebauungsgeometrie und daraus resultierenden Strömungshindernissen spielen auch Faktoren wie die Wärmeemission von Gebäuden und die verwendeten Baumaterialien eine wesentliche Rolle auf die Ausprägung einer städtischen Wärmeinsel [1].

Großräumige Ober ächentemperaturmessung mittels Satellitenbildaufnahmen

Eine optische Darstellung von Oberfl ächentemperaturen, welche das Klima von Siedlungsgebieten maßgeblich beeinfl ussen, ist mit Thermalbildern möglich. Diese Aufnahmen erlauben die Darstellung von Bereichen unterschiedlicher Temperatur. Abbildung 1 zeigt ein Abend-Thermalbild eines Stadtteils von Osnabrück (Deutschland) mit einer Aufl ösung von einem Kelvin im Vergleich zu einer Tages-Satellitenbildaufnahme des gleichen Stadtteils [10]. Sehr deutlich ist zu erkennen, dass sich die Straßenfl ächen von den Grünfl ächen aber auch von den Siedlungsfl ächen durch deutlich höhere Oberfl ächentemperaturen abheben. Die Waldgebiete erscheinen durch die Kühlfunktion der Blätter und anschließendem Abfl ießen der Luft in den Stammraum, was wiederum zum Nachfl ießen von warmer Luft führt, auf Thermalbildern als warm [5, 10].

Abbildung 1: Thermalbild der Stadt Osnabrück (Stadtteil Westerberg) im Vergleich zueinem Satellitenbild, Thermalbild: [10] Tages-Satellitenbild: [2]

Ein ussfaktoren der Temperaturerhöhung in Städten

Einerseits leisten Wärmeemission von Gebäuden und Verbrennungsprozessen einen Beitrag zur Ausbildung einer urbanen Wärmeinsel (HeatIsland), der viel größere Wärmeintrag erfolgt jedoch durch die Strahlungswärme der Sonne. Durch diesen Strahlungseintrag der Sonne verursachen die, wie in Abbildung 1 deutlich sichtbaren, höheren Temperaturen der Straßenfl ächen einen nicht unerheblichen Teil der Temperaturerhöhung in urbanen Gebieten.

Generell kann der Energieeintrag der Sonne auf eine Fläche mittels der Energiebilanzgleichung einer Oberfl äche (Gleichung I) beschrieben werden [11].

Qnet = Q+B+H+V [I]

Qnet	Summe aller Energieeingänge an einer Oberfl äche
Q	Strahlungsbilanz
B	Bodenwärmestrom (Wärmestrom in tiefer liegende Bodenschichten)
H	Strom fühlbarer Wärme (Ausgetauschte Wärmemenge zwischen Boden und Luft)
V	Strom latenter Wärme (Energiefl uss zufolge Kondensationsund Verdunstungsvorgängen)

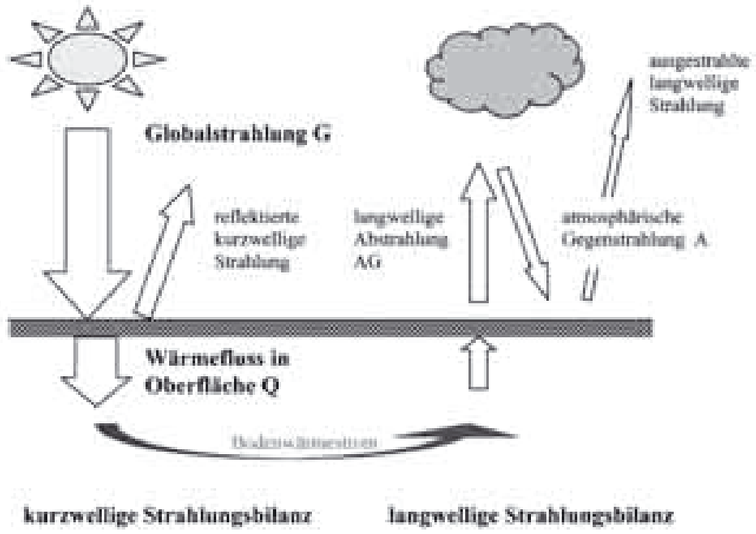


Abbildung 2: Strahlungsbilanz einer Oberfl äche, Eigendarstellung nach [11]

Den größten materialabhängigen Einfl uss auf die in eine Oberfl äche induzierte Energie weist von den oben aufgelisteten Termen der Anteil der Strahlungsbilanz auf. Deshalb ist die weitere Behandlung dieses Themas auf die Betrachtung des durch Gleichung II defi nierten bzw. Abbildung 2 dargestellen Terms Q fokussiert [5, 11].

Q = (1-a).G + (AG-A) [II]
kurzwellige Strahlungsbilanz — langwellige Strahlungsbilanz

Q	Strahlungsbilanz einer Oberfl äche (Nettostrahlung)
α	Albedo einer Oberfl äche
G	Globalstrahlung (Summe der auf eine Oberfl äche auftreffender Sonnenstrahlung)
AG	Atmosphärische Gegenstrahlung
A	langwellige Ausstrahlung von der Erdoberfl äche

Gleichung II lässt sich in eine kurzund in eine langwellige Strahlungsbilanz aufspalten. Da die langwellige Strahlungsbilanz einen weit geringeren Einfl uss auf die Erwärmung der betreffenden Oberfl äche ausübt, wird auf eine genauere Erläuterung dieser Faktoren verzichtet und im Folgenden der Anteil der kurzwelligen Strahlungsbilanz genauer beschrieben [5].

Abbildung 2 zeigt, dass ein Teil der eintreffenden Globalstrahlung G an einer Oberfl äche direkt als refl ektierte kurzwellige Strahlung wieder an die Atmosphäre abgegeben wird.
Die Globalstrahlung als Summe der auf eine Oberfl äche auftreffenden Sonnenstrahlung kann bei einem Vergleich verschiedener nebeneinander angeordneter Oberfl ächen als konstant angenommen werden.

Die Albedo einer Oberfl äche α wird durch das Verhältnis zwischen kurzwelliger Ein- und Ausstrahlung (Albedo) defi niert und ist materialabhängig. Sie wird mit einem Albedometer gemessen wobei sowohl die Globalstrahlung als auch die von einer Oberfl äche refl ektierte Strahlung mittels zweier getrennter Messeinheiten erfasst wird. Tabelle 1 liefert eine Zusammenstellung publizierter Albedowerte unterschiedlicher Materialien, die speziell in städtischen Gebieten vorherrschen [5].

Tabelle 1: Albedowerte ausgewählter Materialen nach [1, 3, 6 und 7]

Material	Kurzwelliges Albedo [%]		
Quelle	Nefzger et al 1997 [7]	Helbig et al 1999 [3] Matzarakis 2001 [6]	Fezer 1995 [1]
Asphalt gealtert trocken	19	5-20	10-20
Asphalt gealtert nass	13		
Asphalt neu trocken	10		
Asphalt neu nass	7		
Beton unterschiedl. Alters trocken	24	10-35	10-35
Beton unterschiedl. Alters nass	17		
Beton weiß		71	
Wiese		15-25	
Laubwald		15-20 (25)	

Die in Tabelle 1 angegebenen Werte unterstreichen, dass sich die Wahl von unterschiedlichen Materialien aufgrund ihres Albedowerts auf die Strahlungsbilanz und somit auf die Erwärmung der jeweiligen Oberfl ächen auswirken. Deutlich erkennbar ist, dass Betonfl ächen im Mittel ein höheres Albedoniveau aufweisen als Asphaltfl ächen [11]. Das Albedoniveau von Beton kann durchaus mit dem einer Wiese verglichen werden, wobei besonders heller Beton noch bessere Werte erzielt. Bei Materialen mit niedriger Albedo kommt es in weiterer Folge besonders in den heißen Sommermonaten zu einem erhöhten Wärmeeintrag in die entsprechenden Bauteile und in weiterer Folge zu einer Erwärmung des gesamten Umfeldes [5].

Auswirkung unterschiedlicher Albedowerte auf Ober ächentemperaturen

Um den Einfl uss der Refl exionseigenschaften von Oberfl ächen abschätzen zu können, wurde die in Gleichung I beschriebene Energiebilanzgleichung in Abhängigkeit von der in Österreich relevanten geografi schen Breite für typische Albedowerte von Asphalt und Beton gelöst [11]. Die grafi sche Darstellung in Abbildung 3 zeigt diese Zusammenhänge für Asphalt und Beton.

In Abbildung 3 ist zu erkennen, dass die Änderung der Temperaturdifferenz zwischen Oberfl ächen- und Lufttemperatur durch eine Änderung der Albedos stark beeinfl usst wird [11].
Deutlich wird dies beim Vergleich der Oberfl ächentemperaturen von Straßenbaustoffen mit unterschiedlichem Albedowert. Normalbeton weist im Mittel einen Albedowert von 30 % auf (grüne Linie in Abbildung 3) während Asphalt etwa ein Albedowert von 10 % zugeordnet werden kann (blaue Linie in Abbildung 3). In Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Lösung der Energiebilanzgleichung für Albedowerte von 10 % (Asphalt) und 30 % (Normalbeton) bei einer Lufttemperatur von 25 °C und der für die Stadt Wien zutreffenden geographischen Breite von 48,2 °N dargestellt. Die Differenz von Oberfl ächen- zu Lufttemperatur beträgt bei einem Albedowert von 30 % (Normalbeton) etwa 11,5 °C und bei einer Albedo von 10 % (Asphalt) etwa 18,5 °C. Daraus ergeben sich im hier angeführten Beispiel Oberfl ächentemperaturen von 36,5 °C bei Beton (25 °C Lufttemperatur und 11,5 °C Temperaturdifferenz) und 43,5 °C (25 °C Lufttemperatur und 18,5 °C Temperaturdifferenz) bei Asphalt. Dies bedeutet eine nicht unbeträchtliche Differenz der Oberfl ächentemperaturen der beiden untersuchten Baustoffe von 7 °C [5].

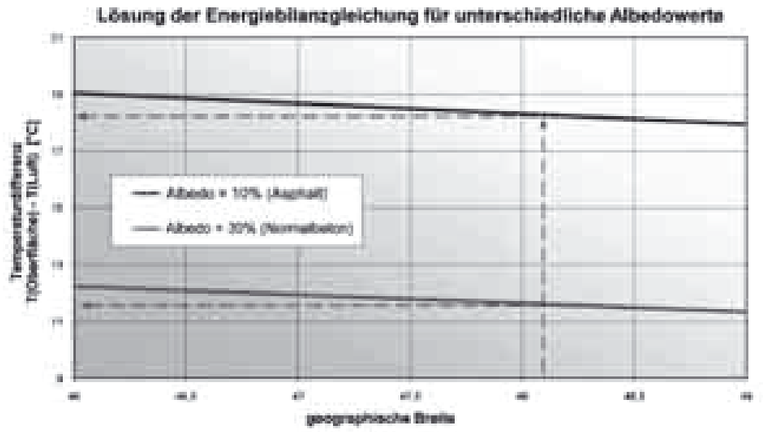


Abbildung 3: Ergebnisse der Lösung der Energiebilanzgleichung für Albedowerte von 10 % (Asphalt) und 30 % (Beton) bei einer Lufttemperatur von 25 °C, Eigendarstellung nach [11]

Messung des Erwärmungsverhaltens von Bauteilober ächen

Seit August 2007 wurden vom Forschungsinstitut der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie (VÖZFI) Versuche über das unterschiedliche Erwärmungsverhalten der Baustoffe Asphalt (Gussasphalt) und Beton durchgeführt. Hierzu erfolgte die Herstellung von Probekörpern mit den Abmessungen 40 cm * 40 cm * 20 cm, jeweils mit im innerstädtischen Straßenbau häufi g verwendeten Rezepturen. Mit Hilfe von Temperaturfühlern an der Oberfl äche und in unterschiedlichen Tiefen des Probekörpers sowie zwei zusätzlichen Fühlern zur Messung der Lufttemperatur unter direkter Sonnenbestrahlung bzw. zur Messung der Lufttemperatur im Schatten war es möglich, das Erwärmungsverhalten beider Versuchskörper zu untersuchen. Abbildung 4 zeigt die Lagerung der Probekörper sowie die Messeinrichtung zur Temperaturmessung.

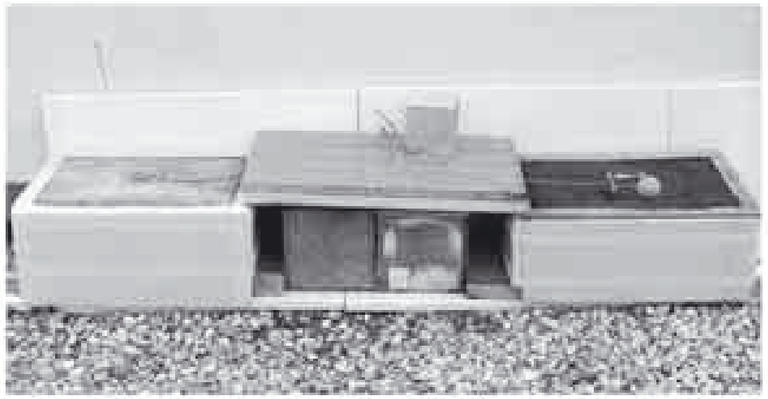


Abbildung 4: Versuchskörper zur Messung des Erwärmungsverhaltens am Dach des Institutsgebäudes der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie [Foto VÖZFI]

Exemplarisch ist in Abbildung 5 der Verlauf der Oberfl ächentemperatur sowie der Lufttemperatur in der Sonne und im Schatten für den 22. bzw.
23. September 2007 dargestellt. Beim Vergleich der Oberfl ächentemperaturkurven ist ein deutlicher Unterschied, speziell bei den Tageshöchstwerten dieser beiden Baustoffe erkennbar.

Während Beton um 15 Uhr eine Maximaltemperatur von 37 °C erreicht, klettert die Temperatur der Gussasphaltoberfl äche auf knapp 44 °C. Ebenso wie in der in Abbildung 4 visualisierten Lösung der Energiebilanzgleichung beträgt auch bei den praktischen Versuchen, bei einer nahezu gleichen Lufttemperatur von 25 °C, die Temperaturdifferenz zwischen den beiden Werkstoffen etwa 7 °C.

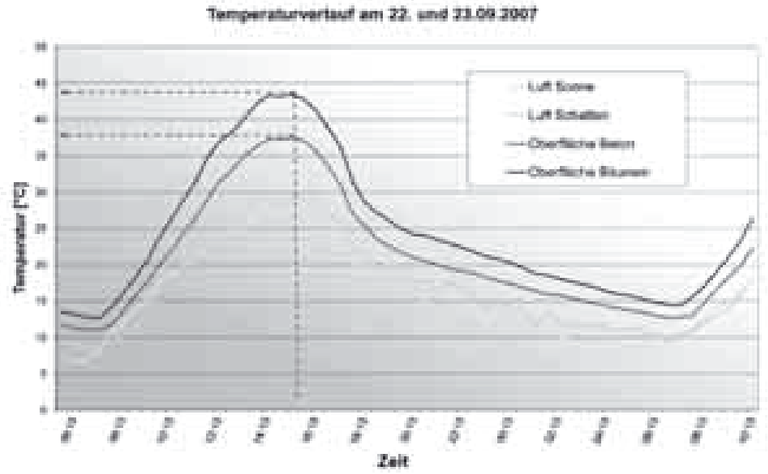


Abbildung 5: Oberfl ächentemperatur der Bitumen- und Beton - Probekörper sowie Lufttemperatur am 22. und 23.09.2007 [VÖZFI]

Zusätzlich konnte durch die Temperaturmessungen gezeigt werden, dass dieselbe Temperaturdifferenz bis in eine Tiefe von 10 cm unter der Oberfl äche auftritt, wobei an sehr heißen Tagen im August eine Differenz der beiden Oberfl ächentemperaturen von bis zu knapp 10 °C festgestellt wurde. Gerade an heißen Sommertagen kommt es, wie die Versuche bestätigt haben, bei Materialien mit niedriger Albedo wie Bitumen oder Asphalt zu einer verstärkten Erwärmung der Bauteile. Dies verursacht wiederum eine Erwärmung des gesamten Umfeldes und führt zur Ausbildung von städtischen Wärmeinseln (Heat Islands). Gemäß den o. a. Darlegungen erscheint zur Verbesserung des urbanen Klimas der Einsatz von Beton, aufgrund seiner thermalen Eigenschaften, als Straßenbaustoff im Gegensatz zu bituminösen Deckschichten als äußerst zweckmäßig [5].

Optische Wirkung von hellen Ober ächen

Die Stadt Wien weist eine Gesamtfl äche von 415 km² auf, davon entfallen 62 % auf Grünfl ächen, etwa 33 % auf Baufl ächen bzw. sonstige Flächen und 5 % entfallen auf Gewässer [8].
Annähernd 10 % der Gesamtstadtfl äche, also rund 40 km² sind als Verkehrsfl äche ausgewiesen [9]. Dies unterstreicht die Bedeutung von hellen Oberfl ächenmaterialien im Straßenbau, d. h. den positiven Einfl uss von Materialien mit hohen Albedo, auf das urbane Klima. Bei der Verwendung von Beton kann durch die, insbesondere im Sommer auftretenden deutlich geringeren Bauteiltemperaturen, die Umgebungstemperatur maßgeblich verringert werden, was wiederum zu einem niedrigerem Kühlenergiebedarf (Gebäudeklimaanlagen, etc.) führt. Sehr deutlich ist der Unterschied der optischen Wirkung heller und dunkler Flächen im innerstädtischen Bereich in Abbildung 6 ersichtlich [5].

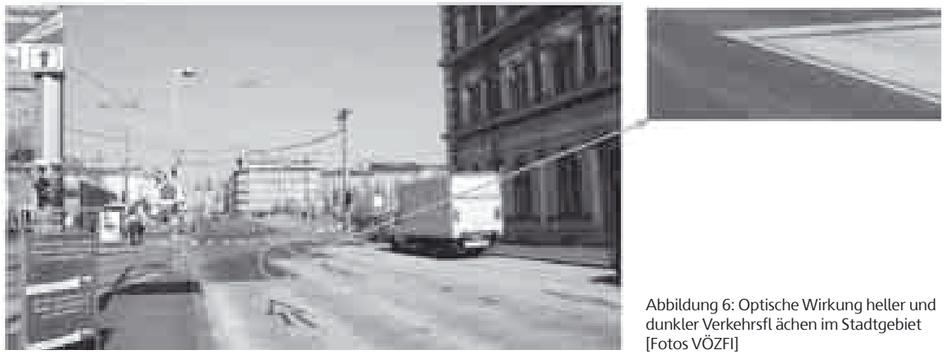


Abbildung 6: Optische Wirkung heller und dunkler Verkehrsfl ächen im Stadtgebiet [Fotos VÖZFI]

Zusätzlich zu der geringeren Erwärmung in den Sommermonaten wirken sich hellere Betonfahrbahnen generell positiv auf die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer aus. Speziell bei Regen und Dunkelheit kommt es durch bessere Sichtbarkeit zu einer Erhöhung der subjektiven und objektiven Sicherheit der Verkehrsteilnehmer. Der Haupteinfl ussfaktor für die Erzielung einer entsprechenden Helligkeit der Fahrbahnoberfl äche ist neben der verwendeten Gesteinskörung jedoch die unterschiedliche Matrix. Abbildung 7 stellt den Farbunterschied der Matrix zementgebundener und bituminöser Bindemittel bei Verwendung einer gleichartigen Gesteinskörnung dar [4].

Auch bei Verwendung von dunklen Gesteinskörnungen im Oberbeton von Straßen mit Waschbetonoberfl ächen kann ein annähernd gleich hohes Niveau an Helligkeit wie bei der Verwendung von hellen Gesteinskörnungen erreicht werden. Abbildung 7 und 8 zeigen eine Waschbetonoberfl äche mit einer hellen Gesteinskörnung sowie eine Oberfl äche mit dunkler Gesteinskörnung unter der Verwendung des Zusatzes Titandi oxid. Die Betonmatrix mit der dunklen Gesteinskörnung erreicht zwar nicht die dieselbe Helligkeit wie die Matrix mit der hellen Gesteinskörnung ist aber noch immer, im Vergleich zum Asphalt signifi kant heller [4].

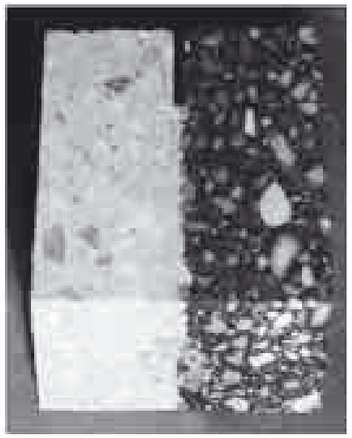


Abbildung 7: Farbunterschied in der Matrix von Beton und Asphalt [Foto VÖZFI]

Ein weiterer positiver Effekt ist, dass bei Verwendung von helleren Fahrbahnoberfl ächen aus Beton die Straßenfl äche energiesparender und optisch heller ausgeleuchtet werden kann. Dadurch wird das Sichtfeld gerade in der Nacht erweitert was speziell auf Schutz- und Gehwegen zu einer Erhöhung der Sicherheit der Verkehrsteilnehmer führt. Da die gleiche Ausleuchtung von hellen Betonverkehrsfl ächen mit einem geringeren Energieaufwand erreicht werden kann, ist auch mit einer Reduktion der Beleuchtungskosten zu rechnen [4].

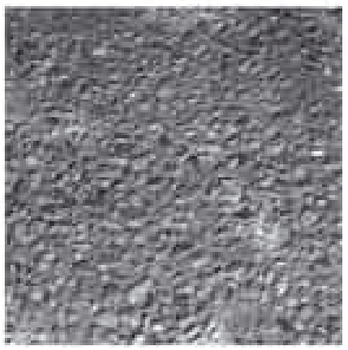


Abbildung 8: Waschbetonoberfl äche mit heller Gesteinskörnung [Foto VÖZFI]

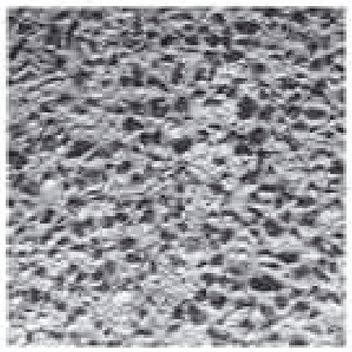


Abbildung 9: Waschbetonoberfl äche mit dunkler Gesteinskörnung und der Verwendung von Titandioxid [Foto VÖZFI]

Zusammenfassung

Mitbedingt durch das stetige Wachsen der Ballungsräume und die allgemeine globale Erwärmung kommt es an heißen Sommertagen zu äußerst hohen Lufttemperaturen im urbanen Bereich.
Einen wichtigen Beitrag zur Reduktion dieser Temperaturmaxima würden Absenkungen der Oberfl chentemperaturen liefern. Dies kann durch den Einsatz von Baumaterialien, welche ein höheres Refl exionsvermögen (Albedo) aufweisen, erzielt werden. Da Straßen etwa 10 % der Flächen eines Stadtgebietes in Anspruch nehmen und sich dieser Bereich durch Mehrfachrefl exion an den Häuserfronten überdurchschnittlich erwärmt, ist hier die Wahl eines Baustoffes mit hoher Albedo besonders sinnvoll. Beton eignet sich aufgrund seiner im Vergleich zum Asphalt deutlich höheren Albedo sehr gut als Straßenbaustoff, da aufgrund dieser Eigenschaft die Oberfl ächentemperaturen und damit die Temperaturen des gesamten Umfeldes in den Sommermonaten reduziert werden können.
Bei der Verwendung von Beton bewirkt der niedrigere Kühlenergiebedarf durch geringere Umgebungstemperaturen sowie der reduzierte Energieaufwand bei der Ausleuchtung von helleren Oberfl ächen wiederum eine Reduktion des Kohlendioxidausstoßes womit ein nicht unerheblicher Beitrag zu den österreichischen Bemühungen zur Erreichung der Kyoto-Ziele geleistet wird.

Literaturverzeichnis

[1] Fezer, F.: Das Klima der Städte, Perthes Geographie Verlag, Gotha 1995.

[2] Google Earth.: Digitaler Satellitenbildatlas, Version 4, 20.02.2007
http://earth.google.de/.

[3] Helbig, A.; Baumüller, J.; Kerschgens, M.J.: Stadtklima und Luftreinhaltung, 2. Aufl.
Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1999.

[4] Krispel, St.: Increase of safety of concrete pavements – bright concrete pavements with dark aggregates,
10th International Symposium on Concrete Roads, Proceedings, 18.-22. September 2006, Brüssel, Belgien.

[5] Krispel. St.; Peyerl M.: Erwärmungseffekte durch befestigte Flächen im städtischen Bereich,
Zement & Beton, Heft 4, 2007.

[6] Matzarakis, A.: Die thermische Komponente des Stadtklimas, Habilitation an der Universität Freiburg,
Freiburg 2001.

[7] Nefzger, H.; Karipot A.: Einfl uß von Strahlung und Mikroklima auf Straßenwetterprognosen,
Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien 1997.

[8] Statistik Austria - Bundesanstalt Statistik Österreich, Luftschadstoffemissionen der österreichischen
Wirtschaft – Gibt es eine positive Entwicklung?; Pressemitteilung 11.06.2007
http://www.statistik.at/web_de/dynamic/statistiken/energie_ und_umwelt/umwelt/023946.

[9] Straßen Wien (MA 28) – Zahlen und Fakten, Bezugsjahr 2005, 20.02.2007
http://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/fakten/zahlen.html.

[10] Wessels, K.: Stadtklimatologische Untersuchung der Stadt Osnabrück auf der Basis von
Thermalscannerbefl iegungen, Projekt im Auftrag der Stadt Osnabrück, Institut für Geoinformatik
und Fernerkundung Universität Osnabrück 1998, 20.02.2007
http://www.igf.uni-osnabrueck.de/mitarbeiter/delange/projekte/sko/sko.html.

[11] Wistuba, M.; Litzka, J.; Blab, R.: Klimakenngrößen für den Straßenoberbau in Österreich,
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Straßenforschung Heft 507,
Wien 2001.

Světlé povrchy betonu jako ochrana proti horku ve městech

Dipl.-Ing. Martin Peyerl
Forschungsinstitut der VŐZ, Wien, Rakousko
Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan Krispel
Forschungsinstitut der VŐZ, Wien, Rakousko

Světlé betonové plochy jako ochrana proti přehřívání měst

Oteplování naší planety je po dlouholetých diskusích vnímáno v současné době jako nesporný fakt. Na základě rostoucích emisí skleníkových plynů (jen v Rakousku byl zjištěn nárůst emisí CO_2 18,6 % mezi rokem 1999 a 2004) lze očekávat v příštích desetiletích výrazné oteplení. Člověk současně zabírá čím dál více plochy pro potřeby bydlení a průmysl a je zřejmé, jak hustota staveb roste. Z tohoto důvodu má výzkum klimatu v prostoru města velký význam.

Jeden z nejdůležitějších fenoménů městské klimatologie je efekt formování přebytečných skleníkových plynů v městech do takzvaných městských „teplotních ostrovů", anglicky nazvaných Heat-Islands. Pod tímto výrazem se rozumí, že se klima ve městě značně liší od velkoplošných hodnot. Tento efekt se výrazně projevuje během horkých a bezvětrných letních dnů. V městských oblastech se tímto efektem ještě navýší obecné zvyšování teplotní úrovně. Toto teplotní navýšení během horkých dnů vede kromě zvýšené spotřeby energie na klimatizaci také k výraznému poklesu pohody a výkonnosti celého obyvatelstva [5].

Změny v klimatu města vůči klimatu za jeho hranicemi jsou důsledkem několika faktorů. Kromě obecných faktorů ovlivňujících teplotu, jako jsou například poloha, tvar města, velikost města a geometrie zástavby a tímto vytvořené bariéry proudění vzduchu, jsou v procesu tvorby městského teplotního ostrova velmi podstatné i faktory jako teplotní emise z budov a použitých stavebních materiálů [1].

Velkoplošné měření povrchových teplot pomocí satelitních snímků

Termální snímky umožňují optické znázornění povrchových teplot, které výrazně ovlivňují klima v osídlených oblastech; tyto snímky umožňují zobrazit oblasti s rozdílnými teplotami. Obrázek 1 ukazuje večerní termální obraz městské části Osnabrücku (Německo) v rozlišení jednotky teploty kelvin ve srovnání s denním satelitním snímkem stejné městské části [10]. Je velmi zřetelné, že silniční povrchy jsou výrazně teplejší než zelené plochy, ale také teplejší než osídlené plochy. Lesní oblasti se jeví na termálních snímcích jako teplé, a to díky ochlazující funkci listů a následnému proudění vzduchu v oblasti kmenů, vedoucí k proudění teplého vzduchu [5, 10].

Obrázek 1: Termální satelitní snímek [10] města Osnabrück (městská část Westerberg) ve srovnání s denním satelitním snímkem [2]:

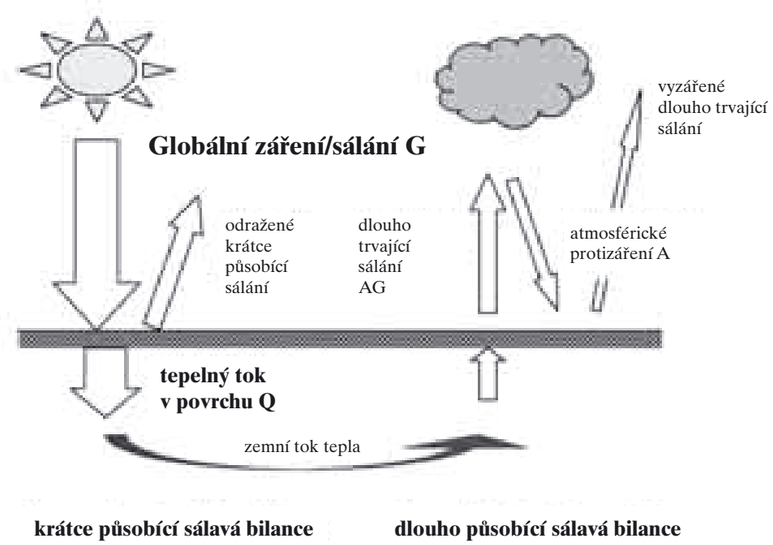
Faktory ovlivňující zvýšení teploty v městech

Na jedné straně jsou teplotní emise vytvářené budovami a spalovacími procesy, které vedou k tvorbě městského teplotního ostrovu (Heat-Island), a na druhé straně je sálavé teplo slunce s výrazně větším podílem na výši teploty. Sluneční záření způsobuje (viz obr. 1) výrazné a viditelné zvýšení teplot na silničních površích a má nezanedbatelný podíl na zvýšení teploty v městské oblasti.

Obecně lze popsat energetický vliv slunce na plochu pomocí rovnice energetické bilance povrchu (rovnice I) [11].

Qnet = Q+B+H+V [I]

Qnet	Součet všech energetických vlivů na danou plochu
Q	Bilance záření / sálání
B	Tepelný tok země (tepelný tok v hlubších vrstvách půdy)
H	Proud citelného tepla (vyměněné množství tepla mezi půdou a vzduchem)
V	Proud latentního tepla (proud tepla způsobený kondenzačními a odpařovacími procesy)



Obrázek 2: Bilance sálání povrchu, vlastní představení dle [11]

Největší vliv na energii indukovanou v povrchu a ovlivněnou materiálem, má nejvýše uvedený term podílu na sálavé bilanci. Z tohoto důvodu se budeme v této tematice dále zabývat definicí dle rovnice II, respektive obrázkem 2 znázorněné zaměření na Q [5, 11].

Q = (1-a).G + (AG-A) [II]
krátce působící sálavá bilance; dlouho působící sálavá bilance

Q	Sálavá bilance povrchu (čisté sálání)
α	Alberto daného povrchu
G	Globální sálání (součet slunečního záření na povrch)
AG	Atmosférické proti záření
A	dlouho působící vyzařování ze zemského povrchu

Rovnici II lze rozdělit na krátce a dlouze působící sálací bilanci. Jelikož dlouze působící sálavá bilance má daleko nižší vliv na oteplení předmětného povrchu, nebudeme se zabývat podrobnějším vysvětlením těchto faktorů, nýbrž se zaměříme na lepší popis podílu krátce působícího sálání na sálavou bilanci [5].

Obrázek 2 ukazuje, že část globálního sálání G, působícího na povrch, je opět uvolněna odrazem do atmosféry ve formě krátce působícího sálání. Globální sálání jako součet slunečního záření dopadajícího na povrch se může při srovnání s různými vedle sebe seřazenými povrchy uvažovat jako konstantní.

Albedo povrchu se definuje pomocí vztahu mezi krátce působícím ozařováním a vyzařováním (Albedo) a je závislé na materiálu. Měří se pomocí Albedometru, kde se měří/zaznamenává jak globální sálání, tak sálání odražené z předmětného povrchu pomocí dvou oddělených měřicích jednotek. Tabulka 1 představuje soupis publikovaných hodnot Albedo různých materiálů, které v městském prostředí převažují [5].

Tabulka 1: Albedo hodnoty vybraných materiálů dle [1, 3, 6 a 7]

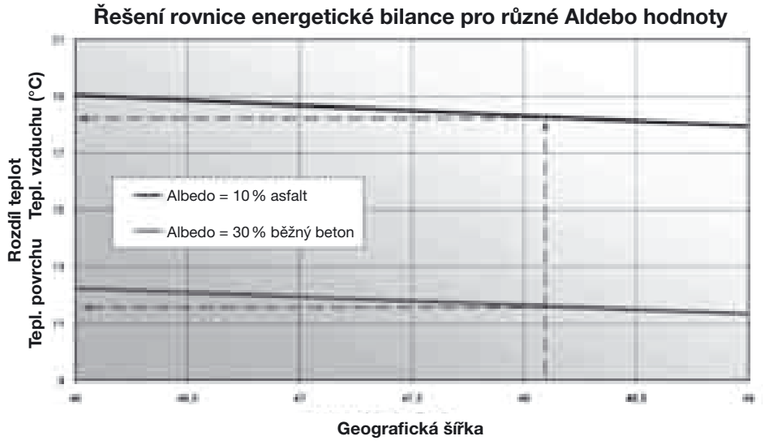
Materiál	**Krátce působící Albedo [%]**		
Zdroj	**Nefzger et al 1997 [7]**	**Helbig et al 1999 [3] Matzarakis 2001 [6]**	**Fezer 1995 [1]**
zestárlý suchý asfalt	19	5-20	10-20
zestárlý mokrý asfalt	13		
nový suchý asfalt	10		
nový mokrý asfalt	7		
různé betony zestárlé a suché	24	10-35	10-35
různé betony zestárlé a mokré	17		
bílý beton		71	
louka		15-25	
listnatý lest		15-20 (25)	

Hodnoty uvedené v tabulce 1 ukazují, že se volba různých materiálů na základě vlivu hodnot Albedo projeví na bilanci sálání a tím i na oteplení daných povrchů. Výrazně znatelné je, že uvedené betonové povrchy vykazují vyšší Albedo úrovně než asfaltové povrchy [11]. Albedo úroveň betonu se naprosto shoduje s hodnotou pro louku, přičemž zvláště světlý beton dosáhne ještě lepší hodnoty. U materiálů s nízkým Albedem jsou následky takové, že během horkých letních měsíců pojme materiál větší množství tepla a následně způsobuje oteplení celého okolí [5].

Vliv různých Albedo hodnot na teploty povrchů

Aby mohl být odhadnut vliv odrazivosti povrchu, byla vyřešena rovnice energetické bilance z rovnice I se zohledněním relevantních geografických šířek pro Rakousko, tak aby se získaly typické hodnoty Albedo pro asfalt a beton [11]. Grafické znázornění v obrázku 3 ukazuje souvislost mezi asfaltem a betonem.

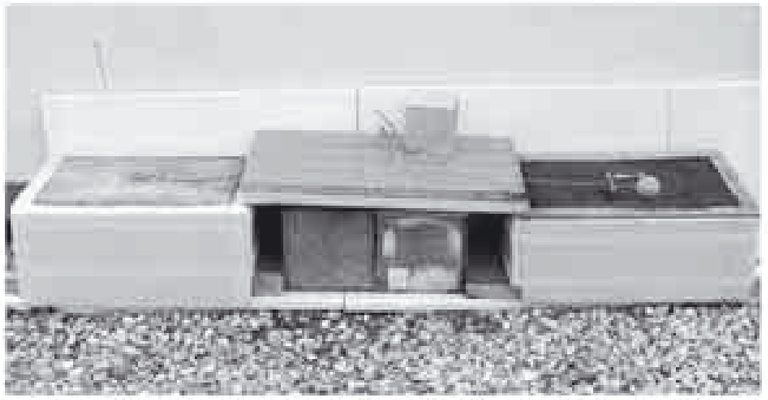
Na obrázku 3 lze vidět, že změna v teplotním rozdílu mezi teplotou povrchu a teplotou vzduchu je výrazně ovlivněna změnou hodnoty Albedo. Toto bude zřejmé při porovnání povrchových teplot silničních stavebních materiálů s odlišnými hodnotami Albedo. Normální beton vykazuje střední hodnotu Albedo 30 % (zelená čára v obr. 3), přičemž asfalt má hodnotu přibližně 10 % (modrá čára v obr. 3). Na obrázku 3 jsou uvedeny výsledky řešení rovnice energetické bilance pro hodnoty Albedo 10 % pro asfalt a 30 % pro normální beton při teplotě vzduchu 25 °C pro město Vídeň, které se nachází v geografické šíři 48,2 °N. Rozdíl mezi teplotou povrchu a teplotou vzduchu činí přibližně 11,5 °C při hodnotě Albedo 30 % (normální beton) a přibližně 18,5 °C při hodnotě Albedo 10 % (asfalt). V tomto uvedeném příkladu má povrch betonu teplotu 36,5 °C (teplota vzduchu 25 °C, rozdíl 11,5 °C) a povrch asfaltu má teplotu 43,5 °C (teplota vzduchu 25 °C, rozdíl 18,5 °C). Toto představuje nezanedbatelný rozdíl teploty povrchů obou zkoumaných stavebních materiálů ve výši 7 °C [5].



Výsledky řešení rovnice energetické bilance pro hodnotu Albedo 10 % (asfalt) a 30 % (beton) při teplotě vzduchu 25 °C, vlastní představení dle [11]

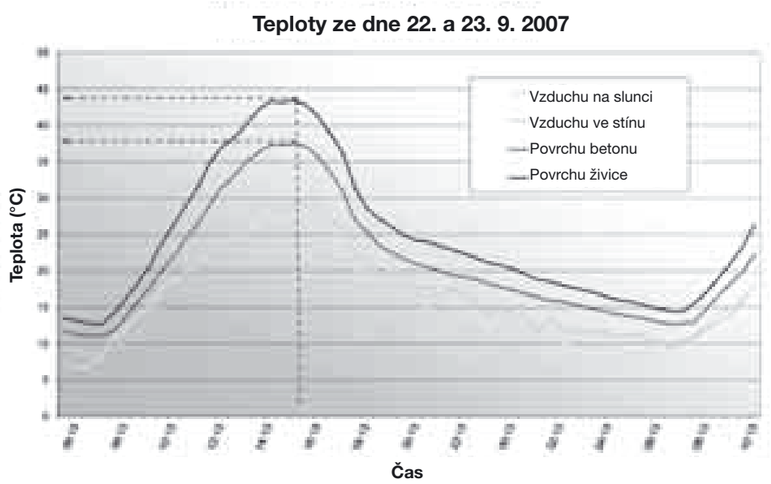
Měření chování při oteplování povrchů stavebních materiálů

Od srpna 2007 prováděl Výzkumný ústav asociace rakouského cementového průmyslu (VÖZFI) průzkum chování asfaltu (litého asfaltu) a betonu při jejich oteplování. Byla vyrobena zkušební tělesa s rozměry 40 cm * 40 cm * 20 cm, která odpovídala recepturám často používaným v silniční výstavbě v městských oblastech. S pomocí teplotních čidel na povrchu a v různých hloubkách zkušebních těles a dvou dodatečných čidel na měření teploty vzduchu v přímém slunečním záření, popř. na měření teploty vzduchu ve stínu bylo možné zkoumat chování obou zkušebních těles při oteplování. Obrázek 4 ukazuje uložení zkušebních těles a měřicí vybavení pro měření teploty.



Obrázek 4: Zkušební tělesa pro měření chování při oteplování na střeše budovy Výzkumného ústavu asociace rakouského cementového průmyslu (Foto VÖZFI)

Na obrázku 5 je uveden průběh povrchové teploty a teploty vzduchu na slunci a ve stínu ve dnech 22. a 23. září 2007. Při porovnání teplotních křivek povrchů je zřejmý výrazný rozdíl těchto dvou stavebních materiálů zejména při maximálních denních hodnotách.



Obrázek 5: Povrchová teplota asfaltového a betonového zkušebního tělesa a teplota vzduchu ze dne 22. a 23. 9. 2007 [VÖZFI]

Kolem 15. hodiny, kdy teplota betonu dosáhla maximální hodnoty 37 °C, se teplota povrchu litého asfaltu vyšplhala na téměř 44 °C. Stejně jako na zobrazeném řešení rovnice energetické bilance na obr. 4 byl i při praktických zkouškách rozdíl teploty mezi oběma materiály přibližně 7 °C (při teplotě vzduchu 25 °C).

Dodatečně bylo možné měřením teplot dokázat, že stejné rozdíly teplot byly evidentní až do hloubky 10 cm pod povrchem a během velmi horkých dnů v srpnu byl rozdíl povrchových teplot obou materiálů téměř 10 °C. Právě během neteplejších letních dnů potvrdily pokusy, že u materiálu s nízkým Albedem, jako je asfalt, je nejsilnější oteplení materiálů. Toto způsobí oteplení celého okolí a vede ke tvorbě městských tepelných ostrovů (Heat Islands). Podle tohoto i dalších zjištění se na základě termálních vlastností stavebních materiálů jeví výstavba betonových vozovek namísto vozovek asfaltových jako cesta ke zlepšení městského klimatu.

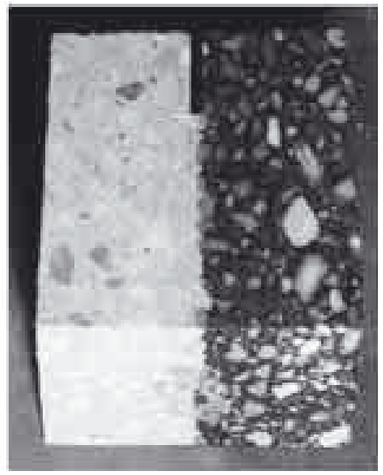
Optický účinek světlých povrchů

Město Vídeň má celkovou plochu 415 m^2, z čehož 62 % tvoří zelené plochy, cca 33 % zastavěné a různé jiné plochy a 5 % plochy pokrývá voda [8]. Přibližně 10 % celkové městské plochy, tedy okolo 40 km^2, pokrývají dopravní plochy [9]. Tento stav zvyšuje význam světlých povrchových materiálů v silniční výstavbě, tj. pozitivní vliv materiálů s vysokým Albedem na městské klima. Použitím betonu mohou nižší povrchové teploty během léta výrazně snížit teploty v okolí, což následně sníží spotřebu energie na chlazení (na klimatizaci). Velmi zřetelný je optický rozdíl světlých a tmavých ploch v městských oblastech, viz obrázek 6 [5].

Obrázek 6: Optický vliv světlejších a tmavších dopravních ploch ve městském prostředí [Foto VÖZFI]

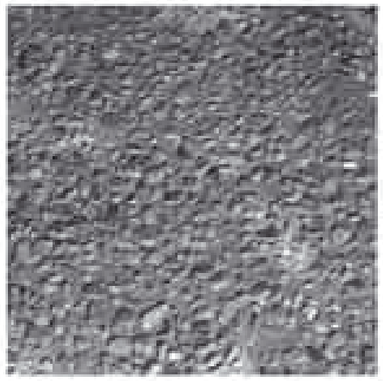
Nejen že betonové plochy snižují v letních měsících oteplování, ale také kladně přispívají k bezpečnosti účastníků silničního provozu. Zejména v dešti nebo ve tmě je subjektivní i objektivní viditelnost lepší, světlé plochy také snižují náklady na osvětlení. Hlavním parametrem pro dosažení odpovídající světlosti povrchu vozovky je vedle použitého kameniva také různá matrice (pojivo). Obrázek 7 ukazuje rozdíl barvy matrice stmelené cementem a matrice stmelené asfaltem při použití stejného druhu kameniva [4].

I při použití tmavého kameniva v horní vrstvě na vozovce s povrchem z vymývaného betonu je možné dosáhnout téměř stejně vysoké světlosti jako při použití světlého kameniva. Obrázky 7 a 8 ukazují vymývaný betonový povrch se světlým kamenivem a povrch s tmavým kamenivem při použití přísady oxidu titaničitého. Betonová matrice (struktura pojení) tmavého kameniva nedosáhne sice stejné světlosti jako matrice se světlým kamenivem, ale každopádně je ve srovnání s asfaltem výrazně světlejší [4].

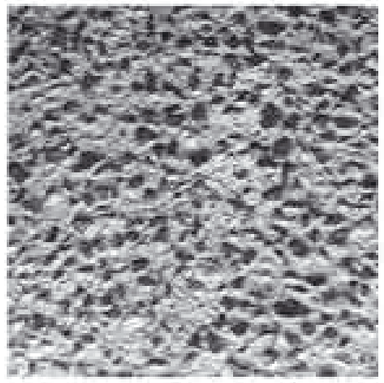


Obrázek 7: Rozdíl barevnosti matrice betonu a asfaltu [Foto VÖZFI]

Další výhodou světlých vozovek z betonu je úspora energií, protože povrch je optický světlejší. Tímto se zorné pole zejména v noci rozšíří, což vede k vyšší bezpečnosti zejména na přechodech a chodnících. Vzhledem k tomu, že je možné betonovou plochu osvětlit stejně intenzivně jako asfaltovou při nižší spotřebě energie, mělo by se počítat s úsporou na nákladech na osvětlení [4].



Obrázek 8: Povrch vymývaného betonu se světlým kamenivem [Foto VÖZFI]



Obrázek 9: Povrch vymývaného betonu s tmavým kamenivem při použití oxidu titaničitého [Foto VÖZFI]

Závěr

Vzhledem ke stálému růstu hustě osídlených aglomerací a všeobecnému oteplování se teplota vzduchu v městských oblastech stále zvyšuje. Snížení teplot povrchu vozovek je jedním z důležitých kroků ke snížení teplotních extrémů. Použitím stavebních materiálů, které lépe odrážejí sluneční svit, tj. mají vyšší Albedo, je možné dosáhnout snížení teploty v příslušných oblastech. Jelikož dopravní komunikace zabírají přibližně 10 % městské plochy a tyto oblasti jsou nadměrně ohřívané vlivem několikanásobného odrazu slunečního záření od fasád domů, má zde volba materiálu s vysokým Albedem velký význam. Beton má vůči asfaltu výrazně vyšší Albedo, proto je velmi dobrým stavebním materiálem pro snižování povrchových teplot během letních měsíců a tím i pro snižování celkové teploty okolí. Při použití betonu se sníží potřeba používání klimatizace, protože teploty v okolí jsou nižší a sníží se také spotřeba energie na osvětlování těchto světlých ploch, čímž se dosáhne snížení emisí oxidu uhličitého. Výsledkem je nezanedbatelný přínos pro rakouské snahy dosáhnout Kjótských cílů.

Literatura

[1] Fezer, F.: Das Klima der Städte, Perthes Geographie Verlag, Gotha 1995.

[2] Google Earth.: Digitaler Satellitenbildatlas, Version 4, 20.02.2007 http://earth.google.de/.

[3] Helbig, A.; Baumüller, J.; Kerschgens, M.J.: Stadtklima und Luftreinhaltung, 2. Aufl. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York 1999.

[4] Krispel, St.: Increase of safety of concrete pavements – bright concrete pavements with dark aggregates, 10th International Symposium on Concrete Roads, Proceedings, 18.-22. September 2006, Brüssel, Belgien.

[5] Krispel. St.; Peyerl M.: Erwärmungseffekte durch befestigte Flächen im städtischen Bereich, Zement & Beton, Heft 4, 2007.

[6] Matzarakis, A.: Die thermische Komponente des Stadtklimas, Habilitation an der Universität Freiburg, Freiburg 2001.

[7] Nefzger, H.; Karipot A.: Einfl uß von Strahlung und Mikroklima auf Straßenwetterprognosen, Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Wien 1997.

[8] Statistik Austria - Bundesanstalt Statistik Österreich, Luftschadstoffemissionen der österreichischen Wirtschaft – Gibt es eine positive Entwicklung?; Pressemitteilung 11.06.2007 http://www.statistik.at/web_de/dynamic/statistiken/energie_ und_umwelt/umwelt/023946.

[9] Straßen Wien (MA 28) – Zahlen und Fakten, Bezugsjahr 2005, 20.02.2007 http://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/fakten/zahlen.html.

[10] Wessels, K.: Stadtklimatologische Untersuchung der Stadt Osnabrück auf der Basis von Thermalscannerbefl iegungen, Projekt im Auftrag der Stadt Osnabrück, Institut für Geoinformatik und Fernerkundung Universität Osnabrück 1998, 20.02.2007 http://www.igf.uni-osnabrueck.de/mitarbeiter/delange/projekte/sko/sko.html.

[11] Wistuba, M.; Litzka, J.; Blab, R.: Klimakenngrößen für den Straßenoberbau in Österreich, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, Straßenforschung Heft 507, Wien 2001.

Reduction of toxic substances by using concrete pavements

Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan Krispel
Forschungsinstitut der VÖZ, Wien, Rakousko

Dipl.-Ing. Martin Peyerl
Forschungsinstitut der VÖZ, Wien, Rakousko

Schadstoffreduktion durch Betonfl ächen – neueste Entwicklungen

Einleitung

Mensch und Umwelt sind in Österreich trotz zum Teil erheblicher Fortschritte in der österreichischen und europäischen Luftreinhaltepolitik vor allem bei den Luftschadstoffen Feinstaub[1], Ozon und Stickstoffoxide weiterhin hohen Belastungen ausgesetzt. Diese können, wie neue Forschungsergebnisse gezeigt haben, zu Beeinträchtigungen der Gesundheit sowie zu negativen Auswirkungen etwa auf empfi ndliche Ökosysteme führen. Zusätzlich führt das vermehrte Freisetzen von CO_2 zu einer Verstärkung des Klimawandels. Dieser Klimawandel im Allgemeinen und die Reduktion der Emissionen im Speziellen sind einerseits ein für zukünftige Generationen wichtiges und andererseits aufgrund der Brisanz ein äußerst sensibles Thema.

Österreich hat sich verpfl ichtet die NO_x-Emissionen bis zum Jahr 2010 auf 103.000 t/Jahr zu reduzieren (NEC-Ziel). Derzeit betragen die Emissionen in Österreich 225.060 t/Jahr (ohne Tanktourismus 159.170 t/Jahr) [6]. Insbesondere die Stickoxid-Emissionen (NO_x) des Verkehrssektors sind aufgrund der steigenden Verkehrsaktivität wieder im Zunehmen. Zusätzlich besteht die Verpfl ichtung des Kyoto-Abkommens den Ausstoß von Kohlendioxid bis 2012 auf den um 13 % verringerten Wert des Jahres 1990 zu reduzieren [15]. Die vorliegende Arbeit beschreibt eine Möglichkeit wie bei Verwendung spezieller Betonoberfl ächen die NO_x-Belastung z. B. für Wien um knapp 25 % reduziert werden kann.

Stickstoffoxide

Stickoxide (oder Stickstoffoxide) sind eine Sammelbezeichnung für die gasförmigen Oxide des Stickstoffs. Sie werden mit NO_x abgekürzt, da es mehrere Oxidationsstufen des Stickstoffs mit Sauerstoff gibt. Als Luftschadstoffe bekannt sind NO (Stickstoffmonoxid) und NO_2 (Stickstoff dioxid). Diese entstehen bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen bei hohen Temperaturen wobei das dabei entstehende NO relativ rasch in das für den Menschen mehr schädliche NO_2 umgewandelt wird. Aus diesem Grund erfolgt die Erfassung der Stickoxide gemeinsam als NO_x.

Folgende negative Auswirkungen sind auf Stickoxide zurückzuführen [13]:

– Beeinträchtigung der Lungenfunktion (vor allem NO_2)

– Wirkung als Ozonvorläufersubstanzen

– Versauerung und Überdüngung von Böden und Gewässern

– Erhöhung der Feinstaubbelastung durch Entstehung von partikelförmigem Ammoniumnitrat.

Stickoxide verhalten sich gegenüber Wasser als Säurebildner und wirken aufgrund dieser Säurebildung reizend auf die Schleimhäute. Das für den Menschen besonders schädliche NO_2 bildet mit der Feuchtigkeit der Haut oder Schleimhaut eine schwefelige Säure [1]. Die letale Konzentration LCLo (letal concentration low) für den Menschen beträgt 200 ppm/1min.

---

[1] Feinstaub ist kein festgelegter Begriff. Im deutschen Sprachgebrauch hat sich die Bezeichnung Feinstaub für PM10 (50% < 10 µm), aber auch für PM2,5 (50% < 2,5 µm) eingebürgert. Mitunter wird aber auch PM2,5 als Feinststaub bezeichnet.
[2] Ein Glottiskrampf ist eine Verkrampfung der Stimmritze des Kehlkopfs, die zu einem gefährlichen Verschluss der Atemwege führen kann.

Durch Einatmen von Stickoxiden können Schleimhautreizungen, Husten und Atemnot sowie Ödeme in den Atmungsorganen auftreten. Nach der Aufnahme toxischer Mengen treten Atemdämpfung, Erregung und Krämpfe auf. Sehr hohe Konzentrationen bewirken eine schwere Schädigung der Alveolen, der Lungenkapillaren sowie der Bronchialschleimhaut.
Weiters kann es zu einem Glottiskrampf2, refl ektorischen Atem, Atemstillstand und somit zum Tod kommen [1]. Ebenso wirken sich langfristige Belastungen negativ auf den menschlichen Organismus aus. Es wurde beobachtet, dass erhöhte NO_2-Konzentrationen mit einer Zunahme an Todesfällen durch Atemwegs-, Herz/Kreislauferkrankungen und Lungenkrebs sowie mit einer Häufung von Atemwegserkrankungen verbunden sind [1]. Zusätzlich bilden Stickoxide eine bedeutende Gruppe bei den Ozonvorläufersubstanzen [10].

Emission von Stickoxiden in Österreich

Luftschadstoffe werden zum größten Teil, abgesehen von einem geringen Teil durch natürliche Prozesse wie Vulkane oder Vegetation emittierte Gase, durch menschliche Aktivitäten verursacht [10]. Generell wird durch den Begriff Emission der Schadstoffausstoß in die Atmosphäre bezeichnet. Bei großen Emittenten wie kalorischen Kraftwerken oder Industriebetrieben erfolgt die Messung der Emission kontinuierlich, bei den anderen unzähligen Einzelquellen wie Verkehr oder Haushalte wäre der Aufwand für eine kontinuierliche Messung zu hoch, deshalb wird, um fl ächendeckende Informationen über diese Schadstoffquellen zu erhalten, meist auf verallgemeinerte Ergebnisse von Einzelmessungen zurückgegriffen [10].

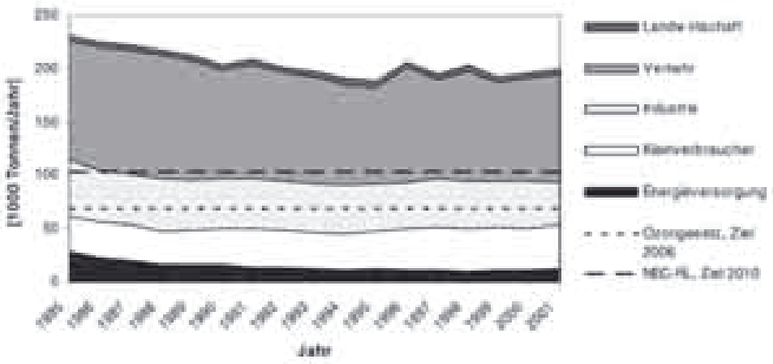


Abbildung 1: NO_x-Emissionsbelastung in Österreich nach Verursachern [3]

Tabelle 1: Emissionen von Wien (2000-2002) nach Emissionsart (nach 4)

	NO_x	
	[t]	[%]
Flächenquellen	2693	30,21
Linienquellen	4738	53,16
Punktquellen	1482	16,63
Summe	**8913**	**100,00**

Tabelle 2: Emissionen in Wien (2000-2002) nach Emissionsquelle (nach 4)

	NO_x	
	[t]	[%]
Landwirtschaft	67	0,75
Infrastruktur	1485	16,66
Gewerbe	946	10,61
Haushalte	1366	15,33
Industrie	96	1,08
Straßenverkehr	4953	55,57
Summe	**8913**	**100,00**

Produzent von NO_x mit einem Anteil von etwa 50 % angesehen werden kann. Kleinverbraucher und Industrie sind mit je 20 % weitere bedeutende Emittenten von Stickoxiden. Während die Einführung des Katalysators Ende der 1980er Jahre eine deutliche Reduktion der NO_x-Belastung bewirkte, ist seit 1990 fast keine Reduktion mehr festzustellen. Speziell die Stickoxid-Emissionen des Verkehrssektors sind aufgrund der steigenden Verkehrsaktivität wieder im Zunehmen [3].

Eine Aufsplittung der einzelnen Emissionen in Punkt, Linien und Flächenquellen wurde in [4] für Wien aufgelistet. Die Gesamt-NO_x-Emissionen für das Wiener Stadtgebiet betragen etwa 8.913 Tonnen. Eine genaue Zusammenstellung ist Tabelle 1 zu entnehmen. Linienquellen bezeichnen im Allgemeinen Verkehrswege, Punktquellen stehen für Anlagen wo der NO_x-Ausstoß aus kontinuierlichen Messungen bekannt ist und in die Kategorie Flächenquellen fallen alle anderen NO_x-Emittenten.

Tabelle 2 liefert eine Zusammenstellung der Emissionen nach Verursachergruppen. Der Straßenverkehr (Linienquellen) hebt sich deutlich von den restlichen Luftverschmutzern ab.

Abbildung 2 liefert eine Zuordnung der Emissionen der Innenbezirke von Wien auf einem Raster von 100 x 100 m. Die Verkehrswege, im speziellen A22 und A23, grenzen sich durch erhöhte Emissionswerte deutlich vom restlichen Stadtgebiet ab.

Abbildung 2: NO_x - Emissionsbelastung aller Verursachertypen für die Wiener Innenbezirke (Rasterkarte 100 x 100 m) [4]

Immission von Stickoxiden

Verschiedene atmosphärische Prozesse wie Wetterlage und Wind bewirken einen Transport bzw. eine Verdünnung (Transmission) der Luftschadstoffe. Die ausgestoßenen Schadstoffe treten wieder, unter Umständen auch in einiger Entfernung, als Immission auf Mensch und Natur auf [10]. Somit defi niert der Begriff Immission die Konzentration der Schadstoffe am Ort der Einwirkung. Die Messung von Immissionen erfolgt punktuell an Luftgütemessstationen. Derzeit werden im Stadtgebiet von Wien 17 NO_x-Messstellen betrieben.

Maximal zulässige Konzentrationen (Immission)

In Tabelle 3 sind die maximal zulässigen Konzentrationen von Stickoxiden aufgelistet. Es existieren jedoch zurzeit nur Grenzwerte für das für den Menschen gefährlichere NO_2.

Tabelle 3: Maximal zulässige Konzentration3 von NO_2 gemäß Immissionsschutzgesetz Luft

	HMW	JMW	Grenzwert für Vegetation	Alarmwert
	(Halbstunden mittelwert)	(Jahresmittelwert)[4]	(Tagesmittelwert)	(Gleitender Dreistundenmittelwert)
NO_2	200 µg/m³	40 µg/m³	80 µg/m³	400 µg/m³
	(0,10 ppm)	(0,02 ppm)	(0,04 ppm)	(0,20 ppm)

[3] Für NO_2 gilt folgende Umrechnung: 1 µg/m³ = 0,52293 ppb (0,00052 ppm)
[4] Grenzwert für den Jahresmittelwert von 2005-2009; Grenzwert 2010-2011 35 µg/m³, Grenzwert ab 2012 30 µg/m³

Messwerte in der Luft

Die Belastungsschwerpunkte von NO_x liegen vor allem in Großstädten sowie im Nahbereich von stark befahrenen Autobahnen bzw. Straßen, da etwa 59 % (2004) der NO_x-Emissionen dem Verkehr zuzurechnen sind [vgl. 2, 3]. Weiters haben meteorologische Einfl üsse große Auswirkungen auf die jeweils aktuelle Schadstoffkonzentration. Ungünstige Ausbreitungsbedingungen, wie sie beispielsweise im Winter auftreten können, wo durch fehlende Sonneneinstrahlung keine Durchmischung der Luft erfolgt, bewirken tendenziell höhere NOx-Konzentrationen [vgl. 10].

Abbildung 3 zeigt Jahresmittelwerte von NO_2-Messungen von allen sich dauernd im Betrieb befi ndlichen österreichischen Messstellen. Der Maximalwert von 40 µg/m³ (Jahresmittelwert) wird von der Kurve der Maximalmesswerte deutlich überschritten. (Durch die Umwandlung des durch Verbrennungsprozesse ausgestoßenen NO bildet sich aus einem Teil davon durch Reaktion mit Ozon NO_2).

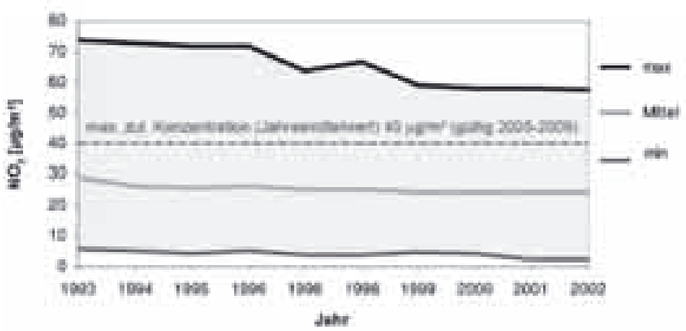


Abbildung 3: Maximaler, mittlerer und minimaler NO_2-Jahresmittelwert der 94 in Österreich ständig im Betrieb befi ndlichen Messstellen [3]

Reduktionspotential der Stickoxide (NOx) durch photokatalytisch aktive Materialien

Photokatalyse

Ein Photokatalysator ist eine Substanz die eine oder mehrere Eigenschaften basierend auf Oxidation und Reduktion unter Bestrahlung, inklusive Zerlegung und Entfernen von Luft- und Wasserverschmutzung, Desodorierung (Beseitigung übel riechender Substanzen) und antibakterielle bzw. selbst reinigende sowie antibeschlagende Effekte, besitzt.

Photokatalytische Materialien sind Stoffe in denen ein Photokatalysator vorhanden ist, entweder als Anstrich, Imprägnierung oder als Zusatzstoff. Als photokatalytisch gelten Metalloxide, diese sind chemische Verbindungen eines Metalls mit Sauerstoff.

Die Photokatalyse löst Reaktionen unter Einwirkung von Wasser, Sauerstoff und Energie (Licht) auf der Oberfl äche von photokatalytischen Materialen aus. Dabei entstehen hochreaktive Hydroxylradikale (OH.), die wiederum mit anderen umgebenden Stoffen Verbindungen eingehen. Hydro xylradikale wirken als starke Oxidationsmittel [16].

Der Mechanismus der Bildung der Hydroxylradikale wird in Gleichung 1 -3 [17] dargestellt.

$$O^2 + e^- \rightarrow O_2^- \quad (1)$$
$$OH^- + h^+ \rightarrow OH^\cdot \quad (2)$$
$$H^+ + O_2^- \rightarrow HO_2^\cdot \quad (3)$$

Grundsätzlich können folgende photokatalytische Reaktionen unterschieden werden:
– Es können Verunreinigungen an der Oberfl äche eines photokatalytischen Materials zersetzt werden. Hierbei werden die an der Oberfl äche abgelagerten Verunreinigungen durch die Hydroxylradikale zersetzt. Dies kann einfach durch den Auftrag von organischen Farbstoffen und Beobachtung derer Zersetzung nachgewiesen werden [18].

– Zusätzlich kommt es zur Zersetzung und Umwandlung von Stickoxiden (NO_x). Folgende Reaktionsgleichungen 4, 5, 6 und 7 beschreiben den Abbau von NO zu NO_2 bzw. zu NO_3 [17]:

$$NO + HO_2^\cdot \rightarrow NO_2 + HO^\cdot \quad (4)$$
$$NO + OH \xrightarrow{UV TiO_2} HNO_2 \quad (5)$$
$$NO_2 + OH^\cdot \xrightarrow{UV TiO_2} HNO_3 \quad (6)$$
$$2HNO_3 + CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2 \quad (7)$$

Feldversuche in Italien

An einer 8 000 m² großen photokatalytisch aktiven Pfl asterfl äche wurden Messungen über die Reduktion der NO_x-Konzentration im Vergleich zu einer asphaltierten Referenzfl äche durchgeführt. Der 7 cm starke Vorsatzbeton der für diese Versuche angefertigten Pfl astersteine wurde mit einem grauen, photokatalytisch aktiven Zement (CEM I) hergestellt [8].

Einige Werte der in [8] publizierten Ergebnisse sind in Abbildung 4 dargestellt. Die Balken geben jeweils Momentanwerte an unterschiedlichen Zeitpunkten wieder, wobei die Reduktion in Prozent bei den verschiedenen Messungen als Zahlenwert angeben ist. Die beiden horizontalen Linien geben den Mittelwert aller über den Beobachtungszeitraum erfassten Einzelmessungen wieder. Dieser beträgt bei der photokatalytisch aktiven Zone etwa 16 ppb NO_x und bei der Referenzzone etwa 29 ppb NO_x was einer Reduktion im Mittel von etwa 43 % entspricht. Zusätzlich ist hervorzuheben, dass vor allem die für den menschlichen Organismus belastenden Spitzenwerte der NO_x-Konzentration von bis zu 300 ppb durch die Verwendung von hotokatalytischen Materialien weitgehend reduziert werden konnten.

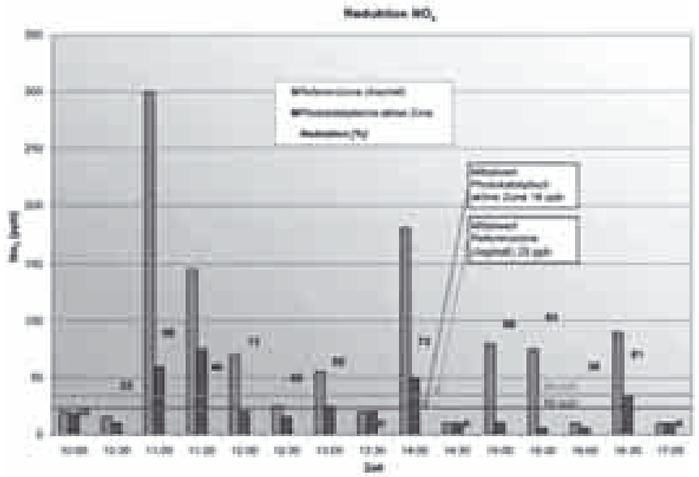
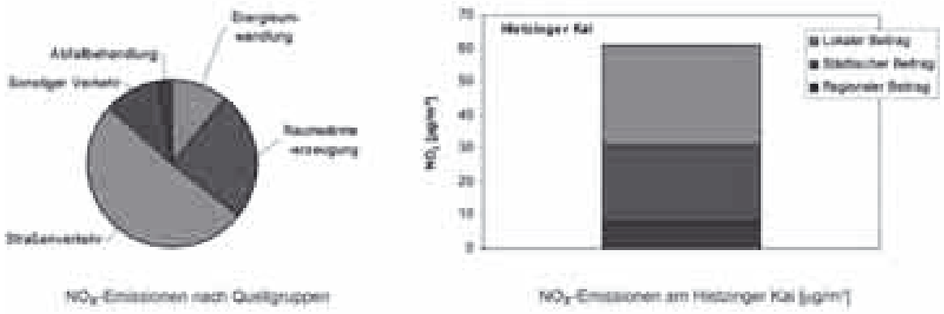


Abbildung 4: Reduktion der NO_x–Konzentration durch photokatalytisch aktive Pfl asterfl ächen im Vergleich zu einer Referenzfl äche (Asphalt) [nach 8]

Abschätzung des Reduktionspotentials von Stickoxiden in Wien

Wie bereits erwähnt, werden die für Mensch und Natur schädlichen Immissionen an Luftgütemessstation bzw. durch anschließende Modellierung ermittelt. Die Angabe von Emissionen erfolgt meist in Tonnen. Hierbei handelt es sich speziell beim Verkehr um eine reine Rechengröße, bei der die Belastungswerte der einzelnen Kraftfahrzeuge aufgrund der Verkehrsdichte aufsummiert werden. Grundsätzlich kann dabei nicht von einem direkten Zusammenhang von Emissionen und Immissionen ausgegangen werden. Wieweit sich eine Änderung der Konzentration durch schadstoffreduzierende Maßnahmen auswirkt, kann in vernünftiger Weise nur mit Ausbreitungsrechungen durchgeführt werden. Kleinräumig kann dieser Zusammenhang näherungsweise linear angenommen werden, wobei Verfrachtung und andere Faktoren außer Acht gelassen werden [19]. Generell kann davon ausgegangen werden, dass die höchste Konzentration der Schadstoffe etwa in Fahrbahnhöhe (bis etwa 50 cm – Auspuffhöhe) auftritt und diese mit steigender Höhe etwas abnimmt [19].

Abbildung 5 gliedert die Anteile der verschieden Quellgruppen an den NO_x-Emissionen für die Stadt Wien auf (linkes Diagramm). Weiters sind für die Messstation in Wien Hietzinger Kai die Beiträge der Immission von NO_2 nach unterschiedlicher Herkunft aufgeschlüsselt (rechtes Diagramm).



NO_x-Emissionen nach Quellgruppen — NO_2-Emissionen am Hietzinger Kai [µg/m³]

Abbildung 5: Anteile der verschieden Quellgruppen an den NO_x-Emissionen in Wien sowie Beiträge regionaler Emissionen, städtischer Emission und lokaler Emissionen zur NO_2-Belastung am Hietzinger Kai [10]

Folgende räumliche Differenzierung wurde festgelegt [5]:
– Der lokale Beitrag wird durch Emissionsquellen, die sich im Nahbereich der Messstelle befi nden, verursacht (z. B. Verkehr).
– Der städtische Beitrag wird durch alle Emittenten, die sich innerhalb eines Ballungsraums befi nden, verursacht.
– Der regionale Beitrag wird durch Emissionsquellen außerhalb des Ballungsraums Wien in einem Umkreis von höchstens 200 km verursacht. Die Summe aus städtischem und regionalem Beitrag bildet die städtische Hintergrundbelastung

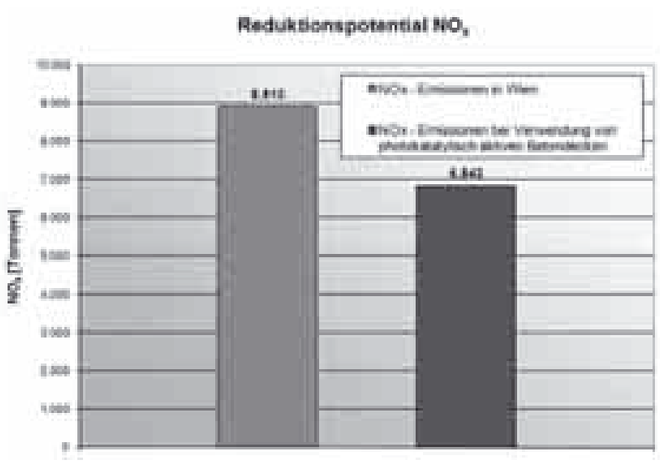


Abbildung 6: Reduktionspotential der NO_x-Emission bei Verwendung von photokatalytisch aktiven Betondecken im Wiener Straßennetz

Die Gesamtbelastung für Wien betrugt nach Basisszenario 2000–2002 laut Emissionsdatenmanagement der Stadt Wien [4] 8.913 Tonnen (vgl. Tabelle 1 und 2). Dem Straßenverkehr können davon etwa 56 % also 4.953 Tonnen zugeteilt werden.
Modellrechnungen zeigen, wie groß das Reduktionspotential an Stickoxiden durch Verwendung von photokatalytisch aktiven Straßenbaustoffen ist.

Die Gesamtlänge des Wiener Straßennetzes beträgt etwa 2.800 km, davon sind 51 km Autobahnen bzw. Schnellstraßen und 216 km Hauptstraßen B (ehemalige Bundesstraßen) [11]. In Summe ergeben die Verkehrsfl ächen etwa 40 km² oder einen Anteil von 10 % der Gesamtfl äche des Wiener Stadtgebietes von 414 km² [14].

Eine mögliche Abschätzung des Reduktionspotentials setzt sich aus zwei Anteilen, den Emissionen die vom Straßenverkehr stammen und einem Teil der städtischen Emissionen zusammen. Der regionale Anteil wird aufgrund der Komplexität von Verfrachtung und dergleichen in der nachfolgend beschriebenen Abschätzung nicht berücksichtigt. Als Wirkungsgrad für photokatalytisch aktive Oberfl ächen wird in dieser Abschätzung der auf den Ergebnissen der in Italien durchgeführten Untersuchungen beruhende Wert von 43 % angenommen (siehe oben).

Insgesamt ergibt sich rechnerisch ein gesamtes Reduktionspotential für Wien von 2.070 Tonnen NOx oder 23,2 % der Gesamtemission von Wien (siehe Abbildung 6). Die durchgeführte Abschätzung bezieht sich auf den Einsatz von photokatalytisch aktiven Betonoberfl ächen auf dem gesamten Wiener Straßennetz. D. h. 40 km² Stadtfl äche werden in dieser fi ktiven Abschätzung zur Reduktion der NO_x- Belastung herangezogen.
Da Hauptdurchzugsstraßen generell einen höheren Beitrag zur NO_x-Belastung liefern, wäre auf diesen durch den Einsatz von photokatalytischen Materialien auch das Reduktionspotential bezogen auf das esamtstraßennetz prozentuell höher. Speziell an diesen hoch frequentierten Verkehrswegen wäre auch aufgrund der Verkehrsbelastung eine Bauweise mit photokatalytisch aktiven Betonfahrbahndecken statt Asphalt sinnvoll. Eine Reduktion der lokalen Emission bewirkt auch eine Reduktion der Gesamt-NO_x-Emission in einem Gebiet. Somit könnte, wie hier nicht berücksichtigt, bei Einsatz von photokatalytisch aktiven Fahrbahnoberfl ächen auch der regionale Anteil der Emission aus dem Verkehr reduziert werden.

Abschließend sei noch zu erwähnen, dass die höchsten Konzentrationen von Stickoxiden unmittelbar in ahrbahnnähe auftreten, also etwas niedriger als die Messhöhe der genormten Messstellen. Genau dort setzen die photokatalytischen Betonfahrbahnoberfl ächen mit der Reduktion von Stickoxiden an.

Zusammenfassung

Versuchsprojekte haben unter realitätsnahen Bedingungen gezeigt, dass ein Reduktionspotential der mittleren Stickoxidkonzentration von bis zu knapp 50 % möglich ist. Besonders hervorzuheben sei, dass besonders die Spitzenbelastungswerte reduziert werden konnten. Die bei den Versuchsprojekten ermittelten Ergebnisse erbringen den Beweis, dass die Verwendung von photokatalytisch aktiven Metalloxiden in Betonoberfl ächen zu einer wesentlichen Verbesserung der Luftqualität führen und die für den menschlichen Organismus schädlichen Belastungswerte von Stickoxiden auf ein tolerables Maß reduzieren. Weiters führt die Verwendung von Beton durch die niedrigeren Bauteiltemperaturen zu geringerer Umgebungstemperatur und damit zu einem niedrigerem Kühlenergiebedarf (Gebäudeklimaanlagen, etc.). Dies hat wiederum eine Reduktion des Kohlendioxidausstoßes aufgrund geringerer Energieproduktion zur Folge [15]. Vereinfachte Berechnungen für Wien haben gezeigt, dass bei einem Einsatz von photokatalytisch aktiven Betonfl ächen im Straßennetz des Stadtgebietes eine Reduktion der Stickoxidbelastung erreicht werden kann. Würde man in Zukunft in Wien Straßenoberfl ächen mit photokatalytisch aktiven Betonoberfl ächen versehen, wären mit der Nutzung von etwa 1/10 der Fläche des Stadtgebietes eine Reduktion von nahezu 1/4 der NO_x-Gesamtjahresbelastung (Reduktion von über 2000 t) möglich. Besonders hervorzuheben sei abschließend, dass durch photokatalytische Oberfl ächen an stark frequentierten Verkehrswegen speziell die Spitzenbelastungen direkt an der Schadstoffquelle reduziert werden könnten.

Literaturverzeichnis

[1] Gefahrenstoff ACE 81 Stickstoffdioxid NO_2: Betriebsanweisung zum Anorganischen Praktikum II, Prof. Dr. A. Pfitzner, Universität Regensburg, www.chemie.uni-regensburg.de/Anorganische_Chemie/Pfitzner/data/betriebsanweisungen.pdf.

[2] Augustyn, R. et al: Jahresbericht 2006, Luftgütemessungen der Umweltschutzabteilung der Stadt Wien (MA22); 30. Juli 2007.

[3] Siebenter Umweltkontrollbericht des Umweltministers an den Nationalrat: Berichtszeitraum 1.1.2001-31.12.2003, Umweltbundesamt 2004.

[4] Orthofer, R. et al: emikat.at – Emissionsdatenmanagement für die Stadt Wien, systems research, April 2005.

[5] Augustyn, R. et al: Statuserhebung NO_2 – 2002 & 2003 in Wien gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft, MA 22 -687/2005.

[6] Austria´s Annual Air Emission Inventory 1990–2005: Submission under National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC.

[7] Beeldens, A.; Redant, K.: Air purifi cation and self – cleaning materials: photocatalytic pavement blocks on the ´leien´ of Antwerp.

[8] Plassais, A.; Guillot, L.: De – pollution activity assessment of photocatalytic cement-based materials: from laboratory to real scale testing.

[9] Fachgrundlagen für eine Statuserhebung zur NO_2-Belastung an der Messstelle Wien-Hietzinger Kai: Überschreitung der Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge das NO2-Jahresmittelwertes in den Jahren 2002 und 2003, Umweltbundesamt.

[10] Spangl, W.; Nagl, C.; Schneider, J.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2005, Umweltbundesamt.

[11] Straßen Wien (MA28) – Zahlen und Fakten, 29.08.2007, http://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/fakten/zahlen.html.

[12] Schneider, J.; Spangl, W.: Analyse der Überschreitung des Immissionsgrenzwertes für NO_2 am Hietzinger Kai am 10.5.2005, Umweltbundesamt im Auftrag der MA22; Wien im Juli 2000.

[13] Gobiet, W. et al: Emissionsgesteuerter Verkehr über die Alpen ALP-EMIV, Endbericht des theoretisch wissenschaftlichen Teils: 5 Verkehrliche Emissionen in ökologisch sensiblen Gebieten, Forschungsprojekt Graz 2006.

[14] Statistisches Jahrbuch 2005: Statistik Austria, Herausgeber: Österreichischer Städtebund, Wien 2006.

[15] Krispel, St.; Peyerl, M.: Erwärmungseffekte durch befestigte Flächen im städtischen Bereich. Zement & Beton, Heft 4, 2007.

[16] Photokatalyse in zementgebundenen Baustoffen, Cement International 6/2006.

[17] Tseng, Y.; Kuo, C.; Huang, C.; Li, Y.; Chou, P.; Cheng, C.; Wong, M.: Visible-light-response nano TiO_2 with mixed crystal lattice and its photocatalytic activity, Nanotechnology 17, 2006.

[18] Innovative Werkstoffe mit Titandioxid – selbst reinigende und photokatalytische aktive Baustoffoberfl achen: Cement International 6/2006.

[19] Dr. C. Nagl, Umweltbundesamt, Persönliche Mitteilung.

Omezení emisí škodlivých látek při použití betonových povrchů

Mag. (FH) Dipl.-Ing. Dr. Stefan Krispel
Forschungsinstitut der VŐZ, Wien, Rakousko
Dipl.-Ing. Martin Peyerl
Forschunsginstitut der VŐZ, Wien, Rakousko

Omezení škodlivých látek při použití betonových povrchů – nejnovější poznatky

Úvod

I přes výrazné pokroky v rakouské a evropské politice pro čisté ovzduší jsou lidé a životní prostředí v Rakousku nadále vystavení vysokému zatížení škodlivin ve vzduchu ve formě jemného prachu[1], ozónu a oxidů dusíku. Tyto škodlivé látky mohou podle nových výsledků výzkumu poškozovat nejen zdraví, ale mají také negativní dopad na citlivé ekosystémy. Zvyšování obsahu uvolňovaného CO_2 dále vede ke zrychlování změn v klimatu. Obecně jsou tyto klimatické změny a zvláště snižování emisí na jedné straně důležité pro budoucí generace a na straně druhé se z důvodu konfliktnosti řadí k vysoce citlivým tématům.

Rakousko se zavázalo do roku 2010 snížit emise NO_x na hodnotu 103 tis. t/rok (cíl NEC). V současné době činí emise v Rakousku 225,06 tis. t/rok (bez benzínové turistiky 159,17 tis. t/rok) [6]. Z důvodu rostoucí dopravní aktivity opět rostou zejména emise oxidů dusíku (NO_x). Dále existuje závazek z Kjótské dohody snížit do roku 2012 emise oxidu uhličitého o 13% oproti hodnotě z roku 1990 [15]. Zde předkládaná práce popisuje možnost jak použitím speciálních betonových povrchů snížit zatížení NO_x například ve Vídni o téměř 25%.

Oxidy dusíku

Oxidy dusíku je souhrnné označení pro plynné oxidy dusíku. Označení se zkracuje na NO_x, neboť existuje více oxidačních stupňů dusíku s kyslíkem. Jako škodliviny ve vzduchu jsou známé NO (oxid dusnatý) a NO_2 (oxid dusičitý). Tyto látky vznikají při spalování fosilních paliv při vysokých teplotách, přičemž se vytvořený NO relativně rychle promění na NO_2, který je pro člověka škodlivější. Z tohoto důvodu se používá společné označení NO_x.

Následující negativní následky způsobené oxidy dusíku [13] jsou:

- poškození plicních funkcí (především NO_2)

- působení stejné jako u látek, které předcházejí ozónu

- zvyšování kyselosti a přehnojení půdy a vod

- zvýšené zatížení prachovými částicemi po vzniku částic dusičnanu amonného.

Oxidy dusíku reagují s vodou za vzniku kyseliny a z tohoto důvodu dráždí sliznici. Pro člověka zvláště škodlivý NO_2 reaguje s vlhkostí kůže nebo sliznice za vzniku kyseliny siřičité [1]. Smrtelná koncentrace LCLo (lethal concentration low) je pro člověka 200 ppm/1 min.

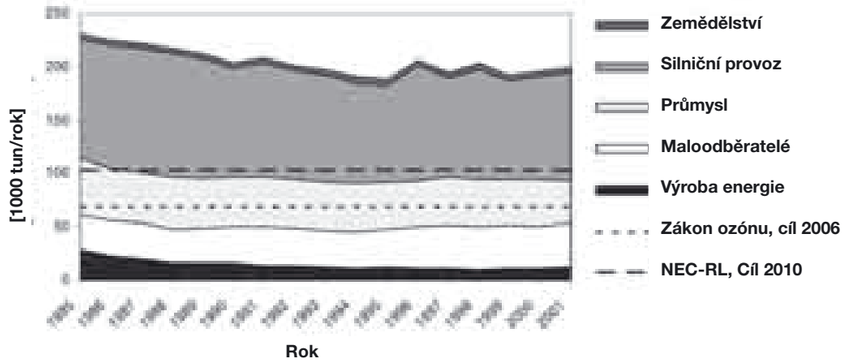
---

[1] „Jemný prach“ není standardní výraz. V němčině se výrazu „jemný prach“ uděluje označení PM10 (50 % < 10 μm), ale také PM2,5 (50 % < 2,5 μm) eingebürgert. Mitunter wird aber auch PM2,5 als Feinststaub bezeichnet.
[2] Otok hrtanové záklopky (Glottiskrampf) je onemocnění hlasivkové štěrbiny hrtanu, které může vést k nebezpečnému uzavření dýchacích cest.

Vdechováním oxidů dusíku se může vyskytnout podráždění sliznic, kašel, dušnost a otoky dýchacích cest. Přijetí toxického množství se projevuje ztíženým dýcháním, vzrušivostí a křečemi. Velmi vysoké koncentrace způsobí vážné poškození alveol, plicních kapilár a sliznic průdušek. Dále se může vyskytnout otok hrtanové záklopky, reflektorické dýchání, zastavení dýchání a tím i smrt [1]. Každopádně mají dlouhodobé zátěže negativní vliv na lidský organismus. Bylo pozorováno, že zvýšené koncentrace NO_2 vedou k nárůstu smrtelných případů způsobených onemocněním dýchacích cest, srdce nebo krevního oběhu a rakovinou plic a také ke zvýšené četnosti onemocnění dýchacích cest [1]. Dále tvoří oxidy dusíku významnou skupinu prvků u látek, které předcházejí ozónu [10].

Emise oxidů dusíku v Rakousku

Kromě nepatrného množství vytvořeného přírodními procesy jako například ze sopek nebo z plynů vytvořených vegetací jsou škodliviny ve vzduchu z velké části způsobené člověkem [10]. Obecně se toto označuje pojmem „emise škodlivých látek do atmosféry". U velkých zdrojů emisí, jako jsou tepelné elektrárny nebo průmyslové závody, se emise měří kontinuálně. U dalších nesčetných zdrojů jako jsou doprava nebo domácnosti, by byly náklady na kontinuální měření příliš vysoké, a tudíž se používají plošné informace o těchto zdrojích škodlivin vypracované pomocí zobecněných výsledků z jednotlivých měření [10].



Obrázek 1: Zatížení emisemi NO_x v Rakousku dle původců [3]

Tabulka 1: Emise ve Vídni (2000–2002) dle druhu emise [podle 4]

	NO_x [t]	[%]
plošné zdroje	2693	30,21
liniové zdroje	4736	53,16
bodové zdroje	1482	16,63
Součet	**8913**	**100,00**

Tabulka 2: Emise ve Vídni (2000–2002) dle zdroje emise [podle 4]

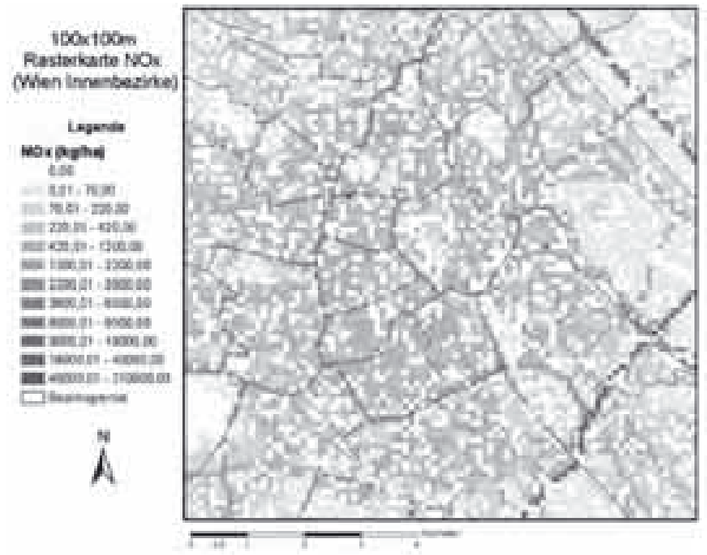
	NO_x [t]	[%]
zemědělství	67	0,75
infrastruktura	1485	16,66
drobné podnikání	946	10,61
domácnosti	1366	15,33
průmysl	96	1,08
silniční provoz	4953	55,57
Součet	**8913**	**100,00**

Oxidy dusíku vznikají převážně jako vedlejší produkt spalování, přičemž doprava, jak je zřejmé z obrázku 1, s velkým odstupem vede jako největší producent NO_x, a to přibližně s 50% podílem. Malospotřebitelé a průmysl jsou s 20 % další významnou skupinou produkující emise oxidů dusíku. Po zavedení katalyzátorů na konci 80. let došlo k výraznému snížení emisí NO_x, ale od roku 1990 nebylo téměř žádné další snížení zaznamenané. Z důvodu rostoucí dopravní aktivity opět rostou zejména emise oxidů dusíku [3].

Rozdělení zdrojů jednotlivých emisí ve Vídni je pro bodové, liniové a plošné zdroje uvedené v [4]. Celkové emise NO_x pro území města Vídně činí přibližně 8913 t. Přesný seznam je uveden v tabulce 1. Liniové zdroje obecně představují dopravní tepny, bodové zdroje představují zařízení, kde NO_x emise jsou z kontinuálních měření známé, a kategorie plošné zdroje zahrnuje všechny ostatní zdroje NO_x emisí.

Tabulka 2 představuje seznam zdrojů emisí podle skupin původců. Silniční provoz (liniové zdroje) výrazně převyšuje ostatní znečišťovatele ovzduší.

Obrázek 2 představuje uspořádání emisí v rastru 100x100m ve vnitřní části Vídně. Dopravní tepny, zejména A22 a A23, vykazují výrazně zvýšené hodnoty emisí oproti ostatním městským oblastem.



Obrázek 2: NO_x – Zatížení emisemi od všech typů původců pro vnitřní oblast Vídně (Rastrová mapa 100 x 100m) [4]

Imise oxidů dusíku

Různé atmosférické procesy jako počasí nebo vítr působí transport, popř. zředění škodlivin ve vzduchu. Vypuštěné škodliviny postupují dál a podle okolností i na určitou vzdálenost působí imise na lidi a přírodu [10]. Pojem imise definuje koncentraci škodlivé látky v místě, kde působí. Měření imisí se provádí bodově na stanicích měřicích kvalitu vzduchu. Nyní se v městské oblasti Vídně nachází 17 stanic měřících NO_x.

Maximální povolené koncentrace (imise)

V tabulce 3 jsou uvedené maximální povolené koncentrace oxidů dusíku. Avšak dosud existují jen mezní hodnoty pro člověku nebezpečný NO_2.

Tabulka 3: Maximální povolené koncentrace NO_2 [3] dle zákona o ochraně proti imisím

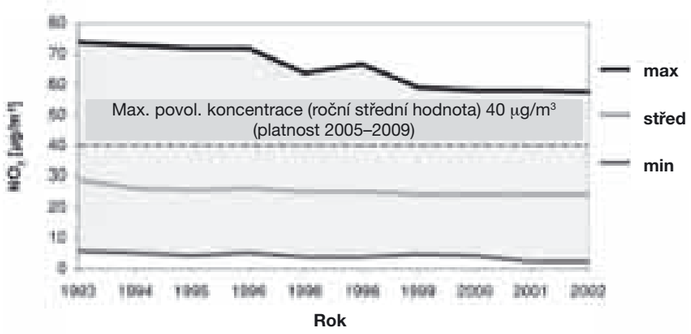
	HMW	JMW	Mezní hodnota pro vegetaci	Hodnota poplachu
	(půlhodinová střední hodnota)	(roční střední hodnota) [4]	(denní střední hodnota)	(klouzavá tříhodinová střední hodnota)
NO_2	200 µg/m³	40 µg/m³	80 µg/m³	400 µg/m³
	(0,10 ppm)	(0,02 ppm)	(0,04 ppm)	(0,20 ppm)

[3] Pro NO_2 platí následující přepočet: 1 µg/m³ = 0,52293 ppb (0,00052 ppm).
[4] Mezní hodnota pro roční střední hodnotu od r. 2005–2009; mezní hodnota od r. 2010–2011 35 µg/m³, mezní hodnota od r. 2012 30 µg/m³.

Naměřené hodnoty v ovzduší

Těžiště zatížení NO_x se nachází především ve velkých městech, ale také v blízkosti rušných dálnic, popř. silnic, neboť přibližně 59 % (2004) emisí NO_x se připisuje dopravě [2, 3]. Meteorologické jevy mají velký vliv na aktuální koncentraci škodlivých látek. Nevhodné podmínky pro rozptýlení jako například v zimě, kdy chybějící sluneční svit neumožní promíchávání vzduchu, způsobují vyšší koncentrace NOx [10].

Obrázek 3 představuje naměřenou roční střední hodnotu NO_2 ze všech trvale provozovaných rakouských měřících stanic. Maximální hodnota 40 µg/m³ (roční střední hodnota) je na křivce naměřených maximálních hodnot výrazně překročená (během spalovacího procesu NO zčásti reaguje s ozónem na NO_2).



Obrázek 3: Maximální, střední a minimální roční střední hodnoty NO_2 z 94 rakouských měřicích stanic [3]

Možnosti snížení koncentrace oxidů dusíku (NO_x) fotokatalyticky aktivními materiály

Fotokatalýza

Fotokatalyzátor je látka, která má jednu nebo více vlastností a je založená na oxidaci a redukci působením záření včetně rozložení nebo odstranění znečištění ovzduší a vody, dezodorace (odstranění nepříjemně páchnoucích látek) a antibakteriálních, popř. samočisticích vlastností a efektu zabraňujícímu pocení.

Fotokatalytické materiály jsou látky, ve kterých je fotokatalyzátor přítomný jako postřik, impregnace nebo přísada. Fotokatalyticky se chovají oxidy kovů, což jsou chemické sloučeniny kovu a kyslíku.

Fotokatalýza vyvolává reakce na povrchu fotokalytických materiálů za působení vody, kyslíku a energie (světla). Přitom se vytvoří vysoce reaktivní hydroxylové radikály ($OH^{\cdot}$), které se dále spojí s přítomnými látkami. Hydroxylové radikály působí jako silné oxidační prostředky [16].

Mechanismus tvorby hydroxylových radikálů je představen v rovnici 1–3 [17].

$$O^2 + e^- \rightarrow O_2^- \quad (1)$$

$$OH^- + h^+ \rightarrow OH^{\cdot} \quad (2)$$

$$H^+ + O_2^- \rightarrow HO_2^{\cdot} \quad (3)$$

V zásadě lze rozlišit následující fotokatalytické reakce:

- mohou rozložit nečistoty na povrchu fotokatalytických materiálů. Zde jsou usazené nečistoty rozložené hydroxylovými radikály. Toto je možné jednoduše prokázat nanesením organického barviva a pozorováním jeho rozkladu [18].

- dodatečně dochází k rozkladu a přeměně oxidů dusíku (NO_x). Následující chemické rovnice 4, 5, 6 a 7 popisují odbourávání NO na NO_2, popř. na NO_3 [17]:

$$NO + HO_2^{\cdot} \rightarrow NO_2 + HO^{\cdot} \quad (4)$$

$$NO + OH \xrightarrow{UV\,TiO_2} HNO_2 \quad (5)$$

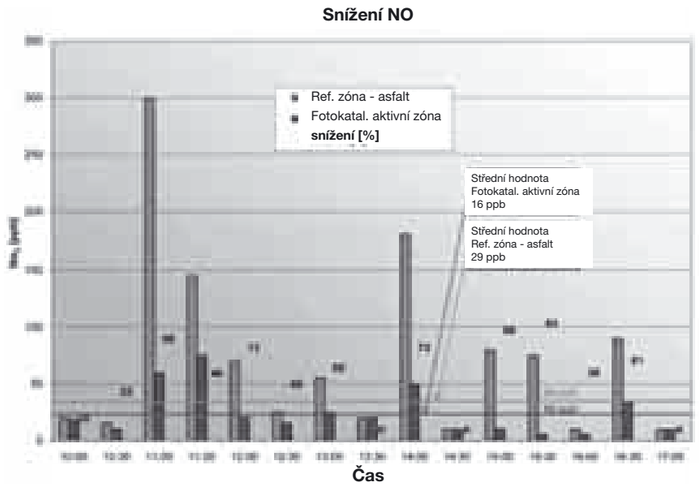
$$NO_2 + OH^{\cdot} \xrightarrow{UV\,TiO_2} HNO_3 \quad (6)$$

$$2HNO_3 + CaCO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + H_2O + CO_2 \quad (7)$$

Polní zkoušky v Itálii

Na 8 000 m² fotokatalyticky aktivní plochy zhotovené z dlaždic bylo provedeno měření snížení koncentrace NO_x a hodnoty byly porovnány s asfaltovou referenční plochou. Použitý krycí beton o tloušťce 7 cm byl vyroben pro tuto zkoušku jako dlaždice z šedého fotokatalyticky aktivního cementu (CEM I) [8].

Některé z výsledných hodnot publikované v [8] jsou představené na obrázku 4. Sloupečky představují momentální hodnoty v různých časových bodech, přičemž procentuální redukce je u těchto různých měření uvedená číslicí. Obě horizontální čáry postihují střední hodnotu všech jednotlivých naměřených hodnot během doby pozorování. U fotokatalyticky aktivní zóny toto činí přibližně 16 ppb NOx a na referenční zóně přibližně 29 ppb NO_x, což odpovídá střední hodnotě snížení koncentrace přibližně 43 %. Dodatečně je třeba zdůraznit, že špičkové hodnoty koncentrace NO_x až po 300 ppb, které nejvíce zatěžují lidský organismus, mohou být fotokatalytickými materiály výrazně snížené.

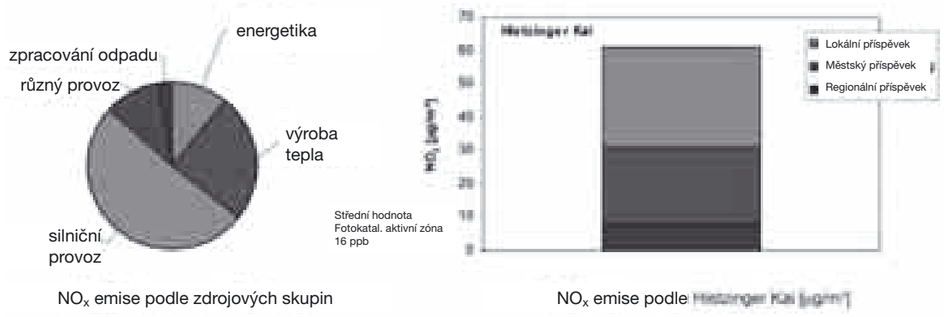


Obrázek 4: Snížení koncentrace NO_x pomocí fotokatalyticky aktivních betonových dlaždic v porovnání s referenční asfaltovou plochou [dle 8]

Odhad možností snížení oxidů dusíku ve Vídni

Jak již bylo zmíněno, budou škodlivé emise zjišťovány pomocí stanic měřicích kvalitu ovzduší, příp. vypočteny modelováním. Emise se většinou uvádí v tunách. Zejména u dopravy se jedná o čistě výpočtovou veličinu, u které jsou jednotlivé hodnoty vypočítané z jednotlivých vozidel na základě hustoty provozu. Zásadně přitom nelze vycházet z přímého spojení mezi emisemi a imisemi. Do jaké míry se opatření proti škodlivým látkám projeví na změně jejich koncentrací, lze rozumně zjistit pouze výpočtem jejich šíření. Na menším prostoru může být tato závislost považovaná za přibližně lineární, přičemž přeprava a další faktory nebudou brány v potaz [19]. Obecně lze vycházet z toho, že nejvyšší koncentrace škodlivých látek se nachází přibližně ve výšce vozovky (do cca 50 cm – výše výfuku) a s rostoucí výškou bude koncentrace klesat [19].

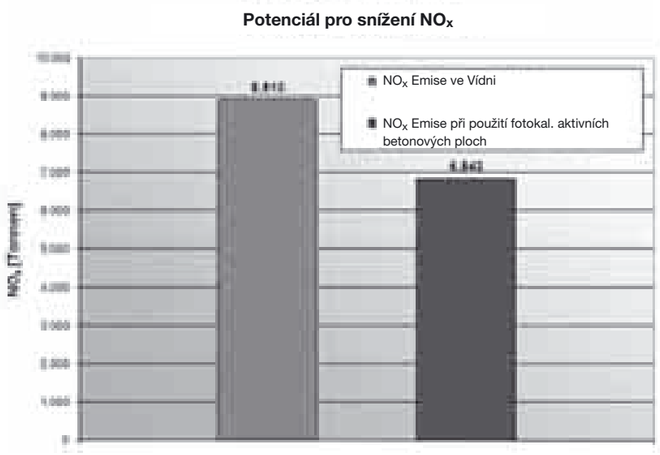
Obrázek 5 rozčleňuje podíly různých zdrojových skupin emisí NO_x pro město Vídeň (levý diagram). Dále pro měřicí stanici Wien Hietzinger Kai rozčleněné imise NO_2 podle různého původu znečištění (pravý diagram).



Obrázek 5: Podíl různých skupin zdrojů emisí NO_x ve Vídni a příspěvky regionálních, městských a místních zdrojů emisí NO_2 na Hietzinger Kai [10]

Byla stanovena následující rámcová diferenciace [5]:

- lokální příspěvek je způsoben zdroji emisí nacházejícími se poblíž měřícího bodu (např. doprava)
- městský příspěvek je způsoben všemi emitenty, kteří se nacházejí uvnitř aglomerace
- regionální příspěvek je způsoben zdroji emisí nacházejících se mimo aglomeraci Vídně v okruhu maximálně 200 km. Součet městského a regionálního zdrojového příspěvku tvoří zatížení městského prostředí.



Obrázek 6: Potenciální možnosti snížení emisí NO_x na vídeňské silniční síti použitím fotokatalyticky aktivních cementobetonových krytů

Celkové zatížení pro Vídeň obnáší podle základního scénáře 2000–2002 podle evidence hodnot emisí 8 913 tun (viz tab. 1 a 2). Celkové zatížení Vídně činilo 8 913 tun podle základního scénáře emisních údajů města Vídeň [4] mezi r. 2000 a 2002 (tabulky 1 a 2). Podíl na tomto má silniční provoz z cca 56 %, což je 4 953 t. Modelové výpočty ukazují, jak velké jsou možnosti snížení oxidů dusíku při použití fotokatalyticky aktivních silničních stavebních materiálů.

Celková délka vídeňské silniční sítě je přibližně 2 800 km, z čehož tvoří 51 km dálnice, popř. rychlostní komunikace a 216 km hlavních silnic B (dřívější spolkové silnice) [11]. V součtu představují dopravní plochy cca 40 km^2 resp. 10 % podílu z celkové plochy Vídně 414 km^2 [14].

Jeden možný odhad potenciálních možností snížení emisí se skládá ze dvou částí, z emisí ze silničního provozu a z městských emisí. Regionální podíl z důvodu složitosti přepravy a podobných faktorů nebude v následujícím odhadu zohledněn. Jako stupeň účinnosti fotokatalyticky aktivních povrchů se pro tento odhad použijí výsledky zkoušek provedených v Itálii, kde bylo dosaženo hodnoty 43 % (viz výše).

Výpočty ukazují, že potenciální snížení pro celou Vídeň činí 2070 t neboli 23,2 % celkových emisí města (viz obrázek 6). Tento provedený odhad se vztahuje na použití fotokatalyticky aktivních betonových ploch na celé ploše vídeňské silniční sítě. To znamená, že 40 km^2 městské plochy by v tomto fiktivním odhadu vedlo ke snížení zatížení NO_x.

Jelikož obecně přispívají hlavní silniční tahy větší mírou k zatížení NO_x, představovalo by použití fotokatalytických materiálů na těchto vozovkách procentuálně nejvyšší možnosti pro snížení emisí na celé silniční síti. Zejména na těchto vysoce frekventovaných vozovkách by bylo z hlediska vysokého zatížení provozem smysluplné namísto asfaltu použít technologii stavby fotokatalyticky aktivovaných cementobetonových krytů. Snížení lokálních emisí ovlivňuje také snížení celkových emisí NO_x v dané oblasti. Tedy i když zde toto nebylo zohledněné, při použití fotokatalyticky aktivních povrchů vozovek by byl snížený i regionální podíl emisí ze silničního provozu.

Stojí také za zmínění, že nejvyšší koncentrace oxidů dusíku se vyskytují bezprostředně v blízkosti vozovky, tudíž jsou koncentrace škodlivin o něco nižší než naměřená hodnota na normovaných měřicích bodech. Přesně tam je třeba „nasadit" fotokatalytické betonové povrchy pro snížení oxidů dusíku.

Závěr

Zkušební projekty ukázaly, že při reálných podmínkách jsou potenciální možnosti snížení střední koncentrace oxidů dusíku až téměř 50 %. Zvlášť by se mělo zdůraznit, že zejména hodnoty špičkového emisního zatížení se mohou snížit. Výsledky zkušebního projektu představují důkaz, že použití fotokatalyticky aktivních oxidů kovů v betonových plochách vede k výraznému zlepšení kvality vzduchu a ke snížení hodnot lidskému organismu škodlivých oxidů dusíku na snesitelnou úroveň. Dále z důvodu nižší teploty zabudovávaný beton vede k nižším teplotám okolí a tím ke snížení spotřeby energií na klimatizaci. Toto má za následek snížené množství vytvořeného oxidu uhličitého z důvodu nižší výroby energie [15].

Zjednodušené výpočty pro Vídeň ukázaly, že použití fotokatalyticky aktivních betonových ploch v silniční síti města může vést ke snížení zatížení oxidy dusíku. Kdyby byly ve Vídni v budoucnu silniční povrchy opatřené fotokatalyticky aktivními betonovými povrchy, bylo by možné při využití přibližně 1/10 plochy města dosáhnout snížení téměř o 1/4 celoročního zatížení NO_x (snížení koncentrace o více než 2 000 tun). Na závěr je nutno zvlášť zdůraznit, že pomocí fotokatalytických povrchů na silně frekventovaných silnicích lze při špičkovém zatížení snížit emise přímo v bodě jejich vzniku.

Literatura

[1] Gefahrenstoff ACE 81 Stickstoffdioxid NO_2: Betriebsanweisung zum Anorganischen Praktikum II, Prof. Dr. A. Pfitzner, Universität Regensburg, www.chemie.uni-regensburg.de/Anorganische_Chemie/Pfitzner/data/betriebsanweisungen.pdf.

[2] Augustyn, R. et al: Jahresbericht 2006, Luftgütemessungen der Umweltschutzabteilung der Stadt Wien (MA22); 30. Juli 2007.

[3] Siebenter Umweltkontrollbericht des Umweltministers an den Nationalrat: Berichtszeitraum 1.1.2001-31.12.2003, Umweltbundesamt 2004.

[4] Orthofer, R. et al: emikat.at – Emissionsdatenmanagement für die Stadt Wien, systems research, April 2005.

[5] Augustyn, R. et al: Statuserhebung NO_2 – 2002 & 2003 in Wien gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft, MA 22 -687/2005.

[6] Austria's Annual Air Emission Inventory 1990–2005: Submission under National Emission Ceilings Directive 2001/81/EC.

[7] Beeldens, A.; Redant, K.: Air purifi cation and self – cleaning materials: photocatalytic pavement blocks on the „leien" of Antwerp.

[8] Plassais, A.; Guillot, L.: De–pollution activity assessment of photocatalytic cement-based materials: from laboratory to real scale testing.

[9] Fachgrundlagen für eine Statuserhebung zur NO2-Belastung an der Messstelle Wien-Hietzinger Kai: Überschreitung der Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge das NO_2-Jahresmittelwertes in den Jahren 2002 und 2003, Umweltbundesamt.

[10] Spangl, W.; Nagl, C.; Schneider, J.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2005, Umweltbundesamt.

[11] Straßen Wien (MA28) – Zahlen und Fakten, 29.08.2007, http://www.wien.gv.at/verkehr/strassen/fakten/zahlen.html.

[12] Schneider, J.; Spangl, W.: Analyse der Überschreitung des Immissionsgrenzwertes für NO_2 am Hietzinger Kai am 10.5.2005, Umweltbundesamt im Auftrag der MA22; Wien im Juli 2000.

[13] Gobiet, W. et al: Emissionsgesteuerter Verkehr über die Alpen ALP-EMIV, Endbericht des theoretisch wissenschaftlichen Teils: 5 Verkehrliche Emissionen in ökologisch sensiblen Gebieten, Forschungsprojekt Graz 2006.

[14] Statistisches Jahrbuch 2005: Statistik Austria, Herausgeber: Österreichischer Städtebund, Wien 2006.

[15] Krispel, St.; Peyerl, M.: Erwärmungseffekte durch befestigte Flächen im städtischen Bereich. Zement & Beton, Heft 4, 2007.

[16] Photokatalyse in zementgebundenen Baustoffen, Cement International 6/2006.

[17] Tseng, Y.; Kuo, C.; Huang, C.; Li, Y.; Chou, P.; Cheng, C.; Wong, M.: Visible-light-response nano TiO_2 with mixed crystal lattice and its photocatalytic activity, Nanotechnology 17, 2006.

[18] Innovative Werkstoffe mit Titandioxid – selbst reinigende und photokatalytische aktive Baustoffoberfl achen: Cement International 6/2006.

[19] Dr. C. Nagl, Umweltbundesamt, Persönliche Mitteilung.

Exposed aggregate concrete. Experiences in Germany

Dipl.-Ing. Tim Alte-Teigeler
OAT GmbH, Německo

In General

The requirements on roads and highways were increasing steadily over the last decades not only in Germany. The reason for this development is the increasing traffic as well as environmental protection and traffic safety. In these aspects noise protection and roadgrip are of major importance. Exposed aggregate concrete surfaces have positive features for both. They are quiet and offer a good enduring roadgrip. Exposed aggregate concrete is a concrete where the surface mortar is removed to expose the granular structure.

The experience in Germany was limited to sporadic test tracks. Abroad, for example in Belgium, France, Austria and Sweden the method was adopted decades ago – with positive results.

Two decrees of the German Federal Ministry of Transport, Construction and urban development states the replacement of the previous standard construction method, the lengthwise texturizing with jute cloth, with the exposed aggregate concrete in 2006.
The reason therefore is the equality in noise pollution of the methods with advantages in the roadgrip for exposed aggregate concrete. In Germany road surfaces are scaled among other things by the resulting noise compared to the reference surface of not grooved mastic asphalt. The correction value of both methods is DStrO = -2 dB(A). This means, that the average automobile passing levels for both methods are 2 dB (A) lower in the noise measurement, than the reference method level – not grooved mastic asphalt.
When examining the lasting roadgrip exposed aggregate concrete is the favourable construction method.

When texturizing with jute cloth a high roadgrip is achieved in the beginning. The texturizing which is embossed in the surface mortar gets worn out in the course of time. Thus the roadgrip decreases. When using exposed aggregate concrete the surface mortar is removed and the granular structure is exposed immediately during construction. This is accountable for the noise development and the roadgrip. Hence, directly after finishing the construction the final condition with longlasting high roadgrip values and quiet tyre-driving surface is established.

As the exposed aggregates provide road grip from the beginning of the lifetime of the concrete road, there are higher requirements on the surface concrete, particularly of the aggregates.
In Germany the surface concrete has to be at least 5cm thick. Because of the high impact on the roadgrip the coarse rock grains with a grain size maximum of 8mm has to be exclusively fractional material and has to have a resistance against buffing of at least PSV53. Furthermore for the concrete a content of cement of at least 420 kg/m³ is required.
Abroad there can be partial differences for the requirements of the surface concrete.

In Germany a surface with even dipersion of the rock grain size is required, to achieve the favoured qualities of the roadway surface. This examplifies the qualitity requirements, which are also applying to the construction of the concrete road surface. For a high quality exposed aggregate concrete it is of great importance, that the concrete is built continuously in a constant consistence. The surface depends directly on the packing density and the quality of the concrete.

To meet the requirements of noise reduction and roadgrip in Germany the finished concrete surface ough to have an average erode depth of approximately 0,8mm. In other countries there are other requirements.

With the exposed aggregate concrete method following roadway properties can be achieved:

- Roadgrip and water draining
- Low-vibration
- Low noise level
- durable

Construction of the exposed aggregate concrete surface

When forming the concrete roadway a retarder is applied directly behind the paver to the compacted and smoothed concrete, to avoid the hardening of the cement mortar over a specific period. When the concrete has hardenend sufficiently, the still soft surface mortar is removed mechanically with steel brushes. The coarse rock grain size gets exposed and affects the surface porperties of the roadway. To achieve the required erode depth it is important to brush at the right time. Following the brushing a conventional concrete curing is sprayed on the concrete surface.

Figure 1: Brushing the surface mortar

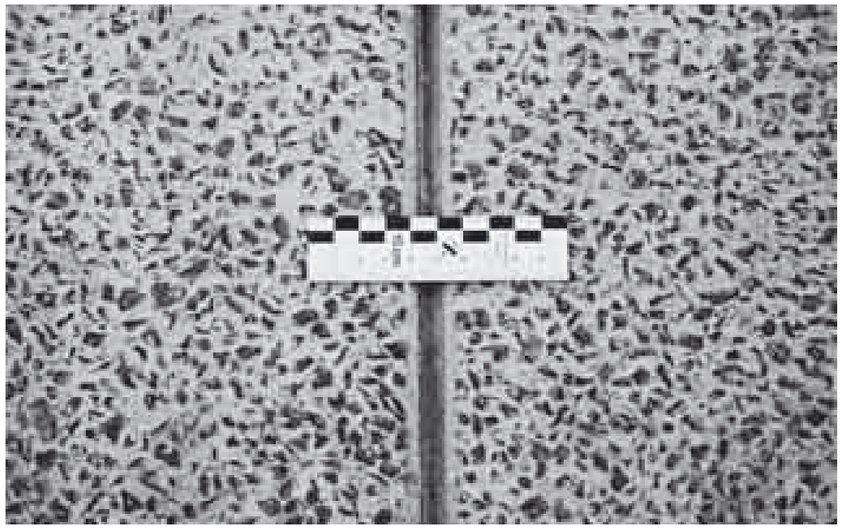


Figure 2: Exposed aggregate concrete

There are two methods of constructing exposed aggregate concrete:

1. Exposed aggregate concrete with foil:

The combination of an organic retarder and polyethylene foil is the basic concept for this method to achieve an exposed aggregate concrete surface. The concrete surface is covered with polyethylene foil directly after applying the retarder.
Even when the ambient temperatures are high it is possible to reach maximum retarding times when using foil. This makes it possible to cut joints before brushing.
A damage of the roadway caused by too early pressure and the risk of unplanned cracks can so be eliminated.

As soon as the concrete has hardend enough and is accessible the foil is removed and the surface mortar is brushed equally to expose the granular structure.

Advantages of this method:

- The use of foil allows to cast the concrete even when atmospheric conditions are moist. Hence dead times are avoided.
- Through customizing the organic retarder a minute adjustment to present atmospheric conditions can be reached.
- The time to brush the surface can be chosen that the surface treatment can take place after cutting joints. This minimizes the risks of a too late cutting as well as a too early pressure to the concrete surface.

Figure 3: With foil covered concrete

2. Exposed aggregate concrete without foil

A combination of anorganic retarder and evaporation prevention or a retarder and an additional curing is applied to the compacted and smoothed concrete. The surface mortar is brushed as soon as the concrete has hardend enough. In general the joint cutting is done after the brushing.

Advantages of this method:

- Less work- and personnel expenses
- Less disposal, hence less costs

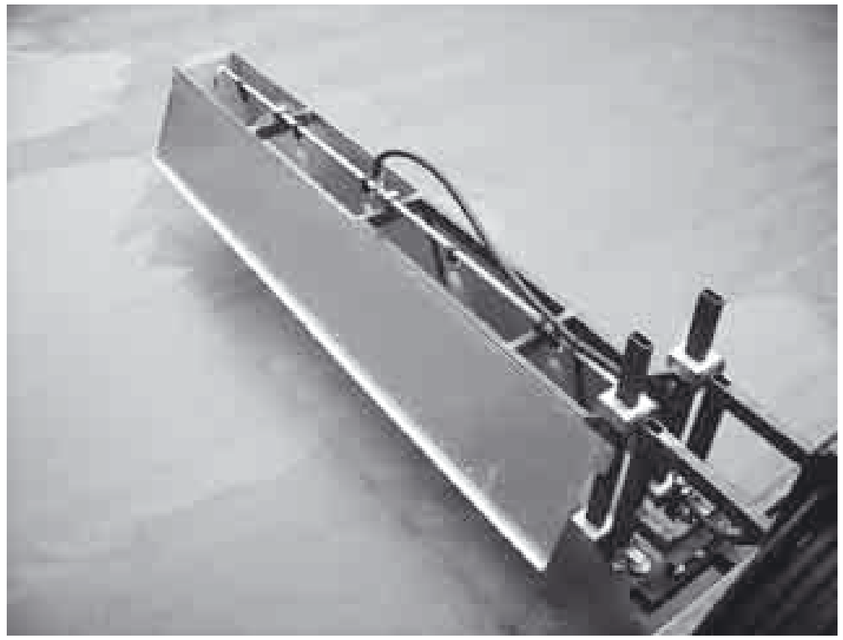


Figure 4: Spraying the retarder

Equipment

– Working platform for spraying the retarder as well as for the curing and applying the foil

– Powerful brushing machines with low pressure tyres

– Replacement parts and –machines

Figure 5: Working platform – spraying device

Figure 6: Working platform – device to apply foil

Quality assurance through specialist companies

Because of the importance of roadway surfaces these services should only be carried out through especially skilled companies with well trained crews.

Miscellaneous situations have to be handled by specialist companies:

– In dependence on temperature, moist, wind, concrete composition and retarder the right time for brushing has to be evaluated. A consistent self-monitoring has to be ensured.

– A quick respond to changing weather, machine malfunctions or other short term problems is essential. Therefore a sufficient number of staff is required during constructing.

– Because the time for cutting joints in the green concrete is overlapping with the brushing of the surface coordination between cutting- and exposed aggregate concrete crew is mandatory. To avoid damages on the concrete it is advantageous when the joint cutting takes place before the work for the exposed aggregate concrete. Good cooperation between the operator for exposed aggregate concrete and joint company is essential. If not coordinationproblems increase the risk of cracks or a poor result of the exposed aggregate concrete surface.

– The erode depth is to be controlled regularly with the sandpatch test. So it is possible to react to eventual differences to the requirements very fast. If necessary the brushing time can be adjusted.

Figure 7: Sand patch test

For the planning of future building sites and the different application possibilities we are available to provide both construction methods as well as further information and an economical execution.

Beton s obnaženým kamenivem. Zkušenosti z Německa

Dipl.-Ing. Tim Alte-Teigeler
OAT GmbH, Německo

Obecně

Požadavky na silnice a dálnice za posledních několik desetiletí nerostly pouze v Německu. Příčinou tohoto vývoje je rostoucí provoz, ale také ochrana životního prostředí a bezpečnost provozu. Z tohoto hlediska jsou ochrana proti hluku a přilnavost k vozovce velmi důležité. Betonové povrchy s obnaženým kamenivem jsou pozitivní pro oba faktory. Jsou tiché a nabízejí trvalou přilnavost k vozovce. Beton s obnaženým kamenivem je beton, kde povrchová malta je odstraněná, čímž se struktura kameniva obnaží.

V Německu byla zkušenost omezená na několik zkušebních úseků. V zahraničí, například v Belgii, Francii, Rakousku a Švédsku, byla metoda převzata již před desetiletími – s pozitivními výsledky.

Dvě vyhlášky německého ministerstva dopravy, výstavby a městského rozvoje z roku 2006 uvádějí nahrazení předchozí standardní stavební metody, kde se textura povrchu prováděla podélně vlečenou jutou, technologií betonu s obnaženým kamenivem.
Důvodem je snížení emisí hluku a zlepšení přilnavosti na vozovce při použití betonu s obnaženým kamenivem.
V Německu jsou silniční povrchy posuzovány mimo jiné také podle hlučnosti ve srovnání s referenčním povrchem z nedrážkovaného litého asfaltu. Korekční hodnota pro obě metody je DStrO = -2 dB(A). DStrO = -2 dB(A). To znamená, že průměrná hladina emisí hluku je u obou metod o 2 dB (A) nižší než u referenční hodnoty nedrážkovaného litého asfaltu.
Při zkoumání dlouhodobé přilnavosti k vozovce je beton s obnaženým kamenivem vhodnější stavební metodou.

Při provedení textury pomocí juty se zpočátku dosáhne vysoké přilnavosti k vozovce. Textura v povrchu malty se časem vyhladí, tudíž přilnavost klesne. Při použití betonu s obnaženým kamenivem je povrchová malta odstraněná a struktura kameniva se obnaží hned při výstavbě. Toto je příčinou vývoje hlučnosti a přilnavosti k vozovce. Tudíž, je ihned po dokončení pokládky vytvořený konečný stav s trvanlivými hodnotami přilnavosti k vozovce a s povrchem s nízkou hlučností pneumatik.

Jelikož obnažené kamenivo poskytuje adhezi již od samého začátku životnosti betonové vozovky, jsou požadavky na povrch betonu a zejména na kamenivo vyšší. V Německu musí být vrchní vrstva betonu nejméně 5 cm tlustá. Z důvodu velkého vlivu na přilnavost k vozovce musí být hrubější kamenivo s max. velikostí zrna 8 mm výhradně frakcionovaný materiál (pozn. překl.: složený z jednotlivých menších frakcí) a musí mít odolnost vůči ohladitelnosti nejméně PSV53. Dále, obsah cementu v betonu musí činit nejméně 420 kg/m³. V zahraničí mohou být v požadavcích na horní vrstvu betonu částečné rozdíly.

V Německu má mít požadovaný povrch rovnoměrné rozložení velikosti zrn kameniva, aby se dosáhlo optimálních vlastností povrchu vozovky. Toto znázorňují požadavky na kvalitu, které platí také pro pokládku betonového povrchu vozovky. Pro vysoce kvalitní beton s obnaženým kamenivem je velmi důležité dodržet konstantní konzistenci. Povrch je přímo závislý na hustotě a kvalitě betonu.

V Německu musí mít pro splnění požadavků na snížení hlučnosti a přilnavost k vozovce betonový povrch průměrnou hloubku textury přibližně 0,8 mm. V jiných zemích se požadavky liší.

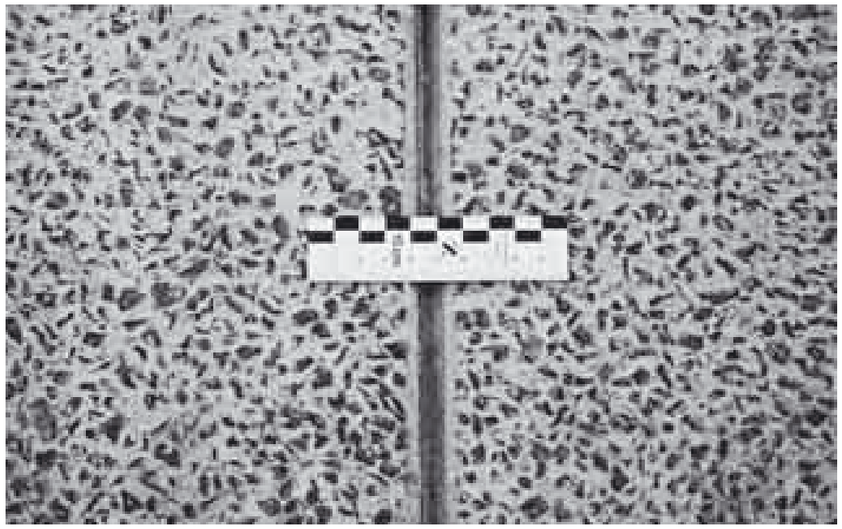
U betonu s obnaženým kamenivem lze dosáhnout následujících vlastností vozovky:

- přilnavost a drenážní vlastnosti
- nízké vibrace
- nízkou hladinu hluku
- trvanlivost

Provádění povrchu betonu s obnaženým kamenivem

Při pokládce betonové vozovky se zpomalovač aplikuje přímo za finišerem na zhutněný a podélným hladičem upravený beton, aby se zabránilo po určitou dobu tuhnutí cementové malty. Jakmile beton dostatečně ztuhne, měkká povrchová malta je mechanicky odstraněna ocelovými kartáči. Hrubší zrna kameniva se tímto obnaží a ovlivní povrchové vlastnosti vozovky. Pro dosažení správné hloubky textury je důležité použít kartáč ve správnou dobu. Po vykartáčování se na betonový povrch aplikuje standardní postřik pro ochranu čerstvého betonu.

Obrázek 1: Kartáčování povrchové malty



Obrázek 2: Beton s obnaženým kamenivem

Existují dvě metody, jak realizovat beton s obnaženým kamenivem:

1. Beton s obnaženým kamenivem s fólií

Základem této metody je kombinace organického zpomalovače a polyetylénové fólie. Povrch betonu se zakryje polyetylénovou fólií ihned po aplikaci zpomalovače.
I při vyšších venkovních teplotách je možné za použití fólie dosáhnout maximální doby zpomalení. Toto umožňuje nařezat spáry před kartáčováním.
Poškození vozovky z důvodu raných napětí a riziko neplánovaných trhlin lze rovněž vyloučit.

Jakmile je beton dostatečně ztvrdlý, a tedy přístupný, fólie se odstraní a povrchová malta se kartáčem rovnoměrně odstraní, tzn. struktura kameniva se obnaží.

Výhody této metody:

- Použití fólie umožní pokládat beton i při vlhkých atmosférických podmínkách a tím se omezí časové prodlevy.
- Úpravou organického zpomalovače je možné dosáhnout nastavení na stávající atmosférické podmínky.
- Doba kartáčování může být zvolena tak, že se tato úprava povrchu může provést až po nařezání spár. To snižuje riziko příliš pozdního řezání a také raných napětí na povrchu betonu.

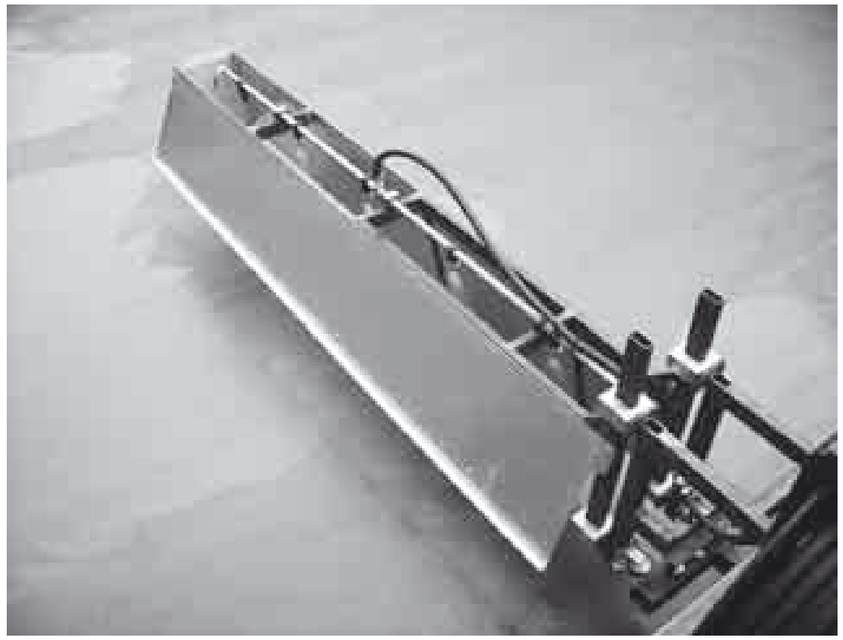
Obrázek 3: Beton pokrytý fólií

2. Beton s obnaženým kamenivem bez fólie

Kombinace anorganického zpomalovače a prevence před odpařováním nebo zpomalovače a hmoty pro ochranu čerstvého betonu je aplikovaná na zhutněný a podélným hladičem upravený beton. Povrchová malta se kartáčuje, jakmile beton dosáhne dostatečné pevnosti. Obecně se spáry řežou až po vykartáčování.

Výhody této metody:

- Méně práce a náklady na personál
- Méně odpadu, tudíž nižší náklady



Obrázek 4: Postřik zpomalovačem

Vybavení

– Pracovní lávka pro postřik zpomalovačem a také pro aplikaci hmoty pro ochranu čerstvého betonu a pokládání fólie

– Výkonné kartáčovací mechanismy s nízkým tlakem v pneumatikách

– Náhradní díly a mechanismy

Obrázek 5: Pracovní lávka – postřikovač

Obrázek 6: Pracovní lávka – zařízení pro aplikaci fólie

Zajištění kvality pomocí specializovaných firem

Vzhledem k důležitosti povrchů vozovek by měly být tyto úkony prováděné pouze odbornými firmami a dobře vyškolenými posádkami.

Různé situace musí být řešené specializovanými firmami:

– Vhodná doba pro kartáčování musí být vyhodnocená v závislosti na teplotě, vlhkosti, síle větru, složení betonu a druhu zpomalovače. Musí se zajistit vlastní pravidelné monitorování.

– Je nezbytné rychle reagovat na změny počasí, poruchy strojů nebo jiné krátkodobé problémy. Proto je důležité mít dostatečné množství pracovníků na staveništi.

– Protože doba na řezání spár v mladém betonu se překrývá s dobou pro kartáčování, je koordinace mezi posádkou provádějící řezání spár a posádkou provádějící kartáčování nezbytná. Pro zabránění poškození betonu je výhodné řezat spáry dříve, než začne kartáčování. Dobrá spolupráce mezi operátorem pro kartáčovaný beton a firmou, která řeže spáry, je nezbytná. Není-li tomu tak, problémy v koordinaci zvyšují riziko vzniku trhlin nebo špatných výsledků v provedení povrchu betonu s obnaženým kamenivem.

– Hloubka textury se kontroluje pravidelně zkouškou pískem. Pak je možné velmi rychle reagovat na případné nedostatky. V případě nutnosti se může upravit doba kartáčování.

Obrázek 7: Zkouška pískem

Jsme k dispozici pro plánování budoucích staveb a různých aplikací. Poskytneme stavební postupy, další informace a ekonomické provedení.

Environmentální aspekty výroby a využívání portlandských cementů směsných

Ing. Jan Gemrich
Svaz výrobců cementů ČR

Postkjótské období po r. 2012 a emise skleníkových plynů

Kjótský protokol je protokol k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách. Průmyslové země se v něm v prosinci 1997 zavázaly snížit emise skleníkových plynů za pětileté období 2008–2012 o 5,2 %, přičemž na Českou republiku připadl závazek snížení o 8 %. Tato redukce se vztahuje na koš šesti plynů, resp. jejich agregované průměrné emise v jednotkách tzv. uhlíkového ekvivalentu ve srovnání s rokem 1990. **Skleníkové plyny** jsou plyny, vyskytující se v atmosféře Země, absorbující dlouhovlnné infračervené záření, díky čemuž je ohřívána spodní vrstva atmosféry a zemský povrch.

Skleníkový efekt je označení dvou rozdílných věcí. Přírodní skleníkový efekt se vyskytuje na Zemi téměř od samého počátku jejího vzniku. **Je mylné vnímat jej jako škodlivý**, neboť bez výskytu přirozených skleníkových plynů by průměrná teplota při povrchu Země, určovaná jen radiační bilancí, byla asi -18 °C. Účinek přirozeného skleníkového efektu se tak stal nezbytným předpokladem života na Zemi. Antropogenní skleníkový efekt tkví v lidské činnosti (nejčastěji spalování fosilních paliv, kácení lesů a globální změny krajiny) a velmi pravděpodobně způsobuje globální oteplování. Míra významu druhého jevu je předmětem sporů. Jakákoliv změna složení zemské atmosféry, která brání přenosu nebo ho podpoří dlouhovlnného infračerveného záření, naruší tuto rovnováhu a zemský povrch se bude zahřívat nebo ochlazovat, dokud se nedosáhne nové teplotní rovnováhy. Již koncem 19. století vypočítal švédský badatel Swante Arrhenius, který za své chemické objevy získal v roce 1903 Nobelovu cenu, že kdyby se koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře zdvojnásobila, její teplota by se mohla zvednout až o 5 °C, a odvodil souvislost mezi jeho poklesy a výskytem dob ledových. Od 70. let se s růstem ekologického podvědomí skutečnost, zda antropogenní skleníkový efekt má skutečně vliv na globální oteplování nebo ne, stává předmětem sporů. Existuje část vědecké obce, která změny klimatu přikládá přirozenému vývoji bez značného či žádného vlivu člověka na něj. V posledních letech se větší část vědců přiklání k názoru, že zvyšující se skleníkový efekt způsobený větším podílem CO_2 a jiných plynů významně přispívá k současnému globálnímu oteplování. Proběhlo několik mezinárodních konferencí, na kterých bylo přijato usnesení, že za globálním oteplováním stojí člověk.

Základem splnění závazků má být redukce emisí na území příslušného státu. Systém však umožňuje část závazku splnit pomocí tzv. flexibilních mechanismů. Ty mají průmyslovým státům umožnit, aby zajistily snížení emisí na území jiného státu nebo odkoupily od jiného státu právo vypouštět skleníkové plyny.

V období po Kjótu budou i nadále pravděpodobně platit tři typy flexibilních mechanismů:

- **obchodování s emisemi** (Emission Trading, ET);
- **společně zaváděná opatření** (Joint Implementation, JI);
- **mechanismus čistého rozvoje** (Clean Development Mechanism, CDM).

Je důležité si uvědomit, že žádný z těchto mechanismů sám o sobě nevede ke snižování emisí skleníkových plynů. Jde „pouze“ o způsob, jak pomocí tržních nástrojů snížit ekonomické náklady na omezení emisí. Pro využití těchto mechanismů nejsou žádné přesné limity, nemělo by se nicméně stát, že některý stát na snižování emisí na domácí půdě zcela rezignuje a potřebné kredity si nakoupí či vysloužív zahraničí. Využití flexibilních mechanismů má být jen doplňkem k vnitrostátním opatřením pro snížení emisí.

Obchodování s emisemi mezi státy je asi nejprůhlednějším mechanismem. Jestliže se ukáže, že země A emituje např. o deset milionů tun CO_2 méně, než jí ukládá Protokol, může tento rozdíl prodat jiné zemi B. V konečném důsledku země A i B společně plní závazky, pouze dochází k redistribuci emisních limitů mezi A a B. Na tomto základě mohou již dnes kolektivně plnit své závazky např. země EU15.

Snižování emisí oxidu uhličitého v českém cementářském průmyslu

Jako možný příklad průmyslově environmentálního podnikání může sloužit výroba cementu. V rámci komplexní modernizace českých a moravských cementářských linek, která proběhla v uplynulých deseti letech, byly uzavřeny všechny vysokoenergetické výrobní linky mokrého způsobu výroby slínku a dnes se při výrobě cementu v ČR používá již pouze energeticky nejúspornější suchý proces výroby. Příprava suroviny byla převedena do moderních předhomogenizačních jednotek s vysokou efektivitou a racionalitou skladby suroviny na výpal a bylo zintenzivněno využívání druhotných surovinových zdrojů, např. železitých kalů, odpadních písků aj. Pro vlastní výpal slínku bylo zahájeno využívání alternativních paliv, které částečně nahrazují základní palivo – mleté černé uhlí. Dříve používaná paliva, např. zemní plyn naftový ZPN a těžký topný olej (mazut) TTO, jsou, zejména z ekonomických důvodů, využívána v minimální míře. Také využívání biomasy je v cementářském průmyslu omezeno zejména pro její nízkou výhřevnost.

Vznik oxidu uhličitého je z nicméně podstaty neoddělitelnou součástí technologie výroby cementu. CO_2 vzniká jednak při rozkladu vápence obsaženého v cementářské surovině (procesní CO_2) a jako produkt spalování paliva v rotační peci (palivový CO_2).

Emise oxidu uhličitého z výroby cementu poklesly v České republice v období 1990 až 2000 o více než 23 %, tedy téměř trojnásobek povinnosti českého státu v rámci platnosti Kjótského protokolu. Vznik oxidu uhličitého je však neoddělitelnou součástí technologie výroby cementu. Zatímco v oblasti využívání alternativních paliv lze ještě hledat úspory, tzv. procesní emise z rozkladu vápence o objemu cca 65 % již regulovat nejde. Tyto emise pocházejí z kalcinace vápence, a jsou proto nevyhnutelné. Toto je jasná nevýhoda cementářského průmyslu vůči jiným odvětvím.

Ve zdánlivém rozporu s výše uvedeným poklesem vzrostla měrná emise CO_2 na tunu slínku a cementu. Důvodem je citovaná změna palivové základny. Je nutno si uvědomit, že na jeden TJ palivového příkonu vznikne například při spalování plynu 55 t CO_2, při spalování mazutu 78 t CO_2 a při spalování uhlí 93 t CO_2. Skutečný podíl emisí z alternativních paliv a biomasy se v budoucnu od předpokladů může velmi lišit a bude závislý především na podobě platné legislativy, která bude využívání jak alternativních paliv, tak odpadů upravovat.

Trvale udržitelný rozvoj výroby cementu

Cement je prvním stavebním materiálem, který je v České republice vyráběn podle evropských cementářských norem. Tím jsme předběhli řadu jiných evropských států. Jeho kvalita je vysoká a není jednoduché ji dosahovat. Výrobci tuto kvalitu musí garantovat. Dávkování cementu do betonu je nyní přiměřeně přesné. Plýtvání cementem v betonu je dávnou minulostí uplynulých desetiletí. Cement je v betonu podle připravovaných betonářských evropských norem částečně nahrazován druhotnými, někdy odpadními materiály, např. popílkem či struskou. To opět snižuje spotřebu cementu absolutně i jeho podíl v betonu.

Důležitými dalšími náklady, které se promítají do ceny cementu, jsou veškeré dopravní a manipulační náklady. Uvádí se, že cement obvykle není ekonomické dopravovat za hranici 200 nebo maximálně do 300 km, což však platí pouze pro suchozemskou dopravu. Parametry námořní dopravy naopak umožňují transport cementu např. napříč Středozemním mořem anebo import slínku ze Středního východu.

Poptávka po cementu v 21. století odráží rozvoj průmyslu a rostoucí urbanizaci. Spotřeba cementu v průmyslově vyspělých zemích vzrostla od 2. světové války cca pětinásobně. Nicméně v posledních 15 letech se výrazně liší spotřeba cementu ve starých a nových členských státech EU a je rovněž závislá na podpůrných finančních tocích mezi členským státem a Evropskou komisí. Spotřeba cementu je úzce svázána s ekonomickým rozvojem příslušného státu anebo regionu a s pravidelnými ekonomickými cykly. Cementářské závody často zakládají samostatné distribuční jednotky, popř. samostatné mlecí kapacity. Cílem je udržet transportní náklady na co nejnižší úrovni.

Cementářský průmysl je dnes řazen s několika dalšími mezi tzv. mineralogické procesy. Energetický účet nicméně představuje až 50 % celkových výrobních nákladů vč. odpisů při výrobě cementu s minimální možností dalších úspor, které jsou odhadovány na přibližně 2,2 %.

Spotřeba cementu, který je za běžných ekonomických podmínek vždy výrazně tuzemským výrobkem, se ve střední Evropě zvyšuje. Spotřeba cementu v ČR na jednoho obyvatele je sice ještě hluboko pod úrovní současných států Evropské unie, ale v regionu střední Evropy je nutná výstavba nových silnic, mostů, železničních tratí, domů, čističek odpadních vod a mnoha dalších staveb. Toto všechno jsou oblasti, kde je zapotřebí cement a samozřejmě beton. Navrhovaný program obchodování s emisemi nyní brání zlepšování infrastruktury (a tím i zvyšování životní úrovně), která bude vyžadovat zvýšenou domácí výrobu cementu. Ukazatele ČSÚ i Eurostatu dokladují, že stavební výroba roste cca 8% tempem v posledních letech a obdobné tempo prognózují i do budoucna. Dnešní cca 20% dovoz cementu ze zahraničí lze omezit, zejména bude-li mít domácí průmysl dostatek povolenek pro předpokládaný objem výroby a spotřeby cementu v českém stavebnictví.

Český cementářský průmysl má v současné době podle přídělů povolenek pro období do roku 2012 a podle stávající výroby přibližně 12% roční deficit povolenek na požadovanou výrobu. Český cementářský průmysl není v současné době schopen bránit se dovozu zahraničního cementu ze zemí mimo EU. Dosavadní systém obchodování s povolenkami nepřinesl žádnou environmentální úsporu s ohledem na již dříve zavedené techniky BAT podle IPPC, ale pouze zvýšenou administrativní náročnost.

V letech 2011–2012 bude evidentní nedostatek povolenek na výrobu slínku, a proto bude zapotřebí informovat trh o jiných druzích cementů podle ČSN EN 197-1, dosud v ČR nevyužívaných.

Portlandské cementy směsné

Z výše uvedeného je zřejmé, že ekologické hledisko může být jedním z důvodů, který přinese na český cementářský trh rozšířenou nabídku druhů cementů. Portlandské cementy směsné jsou však dobrou alternativou běžného portlandského cementu i z technického hlediska. Díky možnosti kombinovat několik hlavních složek, zejména vysokopecní strusku, popílek a sádrovec, umožňuje portlandský směsný cement CEM II-M využít výhody i nevýhody jednotlivých hlavních složek. Tím lze dospět k vytvoření stabilních materiálových systémů. Přitom je třeba komplexně přihlížet jak k možnostem výroby, tak i k požadovaným vlastnostem cementu. Pokud jde o vlastnosti, jedná se zejména o vliv cementu na vlastnosti betonu, např. na zpracovatelnost, nárůst pevností a především trvanlivost. Z pohledu výrobce cementu hraje svou roli jak poměr nákladů na výrobu vůči tržní ceně cementu, tak i vliv výroby cementu na životní prostředí.

Druh CEM II Portlandský cement směsný	Označení	Obsah složek *) [%hm]	Druhy složek: označení
Portlandský struskový cement	CEM II/A-S	6 až 20	granulovaná vysokopecní struska: S
	CEM II/B-S	21 až 25	
Portlandský cement s křemičitým úletem	CEM II/A-D	6 až 20	křemičitý úlet: D
Portlandský pusolánový cement	CEM II/A-P/Q	6 až 20	přírodní pucolán: P
	CEM II/B-V/W	21 až 35	přírodní kalcinovaný pucolán: Q
Portlanský popílkový cement	CEM II/A-V/W	6 až 20	křemičitý popílek: V
	CEM II/B-P/Q	21až 35	vápenatý popílek: W
Portlandský cement s kalcinovanou břidlicí	CEM II/A-T	6 až 20	kalcinovaná břidlice: T
	CEM II/B-T	21až 35	
Portlandský cement s vápencem	CEM II/A-L/LL	6 až 20	vápenec s TOC > =0,5: L
	CEM II/B-L/LL	21až 35	vápenec s TOC > = 0,2: LL
Portlandský směný cement	CEM II/A-M	6 až 20	S + D **) + P + Q + V + W + T + L + LL
	CEM II/B-M	21až 35	

*) obsah jiných hlavních složek než portlandských slinek
**) podíl 6 až 10 % hm.

Evropská cementářská norma EN 197–1 specifikuje celou skupinu **portlandských cementů směsných CEM II**. Ta obsahuje kromě portlandského slínku jedinou další hlavní složku. Jsou to např. portlandské struskové cementy CEM II/A-S s 6 až 20 % hm. a CEM II/B-S s 21 až 35 % hm. granulované vysokopecní strusky. Uvedená kategorie, která bude dále označována jen jako CEM II, zahrnuje dále následující druhy cementu:

- portlandský cement s křemičitým úletem,
- portlandský pucolánový cement,
- portlandský popílkový cement,
- portlandský cement s kalcinovanou břidlicí,
- portlandský cement s vápencem,

které mají všechny vedle slínku ještě jednu další složku.

Označení **CEM II-M Portlandský směsný cement** je určeno pro cementy, ve kterých jsou kombinace dále uvedených hlavních složek:

- granulovaná vysokopecní struska,
- křemičitý úlet,
- přírodní pucolán, např. tras,
- křemičitý nebo vápenatý popílek,
- vápenec.

Jaké jsou konkrétní argumenty ve prospěch portlandských směsných cementů CEM II-M? Z technického hlediska je třeba při vývoji nového cementu respektovat požadavky na vlastnosti vyráběného betonu, jako jsou dobrá zpracovatelnost, nárůst pevnosti a zvláště pak trvanlivost. Z pohledu výrobce cementu hrají přirozeně svou roli výrobní náklady a možné dopady na životní prostředí. **Výhradní roli pak představují potenciálně absolutní nedostatek některých hlavních složek cementu, např. vysokopecní strusky, a absolutní nedostatek povolenek na emise skleníkových plynů potřebných pro výpal slínku.**

Z technického hlediska mají cementy CEM I, CEM II a CEM III pochopitelně různé vlastnosti. Žádný cement, ani portlandský, není ideálním řešením pro všechny aplikace. Cementy CEM II-M umožňují vyvážit výhody a nevýhody jednotlivých hlavních složek jejich správnou kombinací. Kromě snížení emisí CO_2 a šetření přírodních zdrojů lze dále optimalizovat i vliv cementů na vlastnosti z nich vyráběných betonů.

Řadu materiálových vlastností a chování v betonu je nutno průběžně pečlivě vyzkoušet a ověřit. Jednou z vlastností, která dozná v kombinaci slínek – vysokopecní struska – popílek a vápence změny, je pórovitost a rozložení velikosti pórů. To je významné pro vstup škodlivin do systému zatvrdlé stavební hmoty a pro odolnost betonu. U cementu s vysokým obsahem vápence je mikrostruktura tvrdnoucí cementové kaše poněkud hrubší. Poloměr pórů lze zmenšit použitím latentně hydraulických či pucolánových hlavních složek. Lze tedy optimalizací obsahu např. strusky a vápence nalézt vyhovující kombinaci pro dosažení rozumné nepropustnosti např. pro iontové škodliviny.

Obdobně i rychlost a hloubka karbonatace závisí nejen na vodním součiniteli (hlavní vliv), ale i na obsahu slínku. Ve srovnání s betonem z portlandského cementu se hloubka karbonatace zvětšuje nejen s obsahem vysokopecní strusky, ale i s rostoucím obsahem vápence či popílku. Výsledek laboratorních zkoušek však nelze přeceňovat. U venkovních stavebních prvků, u kterých je vyšší nebezpečí koroze výztuže, je totiž vlivem větší vlhkosti betonu hloubka karbonatace proti laboratorním zkouškám menší. U vnitřních stavebních prvků je sice vlivem menší vlhkosti betonu hloubka karbonatace větší, pro malou vlhkost betonu se však současně snižuje riziko koroze výztuže. To vše uvedené platí v souhlasu s EN 206–1 pro přepokládanou životnost konstrukce 50 let.

Řadu materiálových vlastností portlandských cementů směsných s vyšším zastoupením hlavních složek bude třeba ještě ověřit ve vlastní betonářské praxi a převzít rovněž zkušenosti v okolních zemích, které směsné cementy již používají. Nicméně ekonomická a environmentální realita bude jak výrobce, tak i zpracovatele cementu nutit k využívání těchto moderních ekologických cementů.

3. blok přednášek

Diagnostika a opravy

Session 3

Diagnosis and repair of concrete roads

The implementation of a pavement management system and asset evaluation for a road networks

Dr. Gianfranco Battiato
President of RODECO Group

ABSTRACT

Pavement Managenent system

The Pavement Management System (PMS) developed by RODECO for urban roads and Highway networks is described and a short description of its elements is reported.
The main components of the "RO.MA.®" (Road Management), PMS implemented in different road networks, can be summarized as follow:

1. Construction and rehabilitation history:

a) maintenance policy;

b) geometrical data on the pavements (thickness, layer composition, and number of lanes and their width);

c) survey of traffic data (volume, type and axle loads);

d) physical constraints, important for urban roads;

e) environmental conditions and types of maintenance allowed;

f) weather conditions;

g) local cost of maintenance

2. Pavement Evaluation using high-performance systems for measuring the structural and functional conditions of road networks:

- HWD (Heavy Falling Weight Deflectometer) – to determine pavement bearing capacity, in conjunction with radar survey thickness measurements;
- Laser Profilometer – to estimate the eveness of pavement longitudinal profile;
- Survey Distress – to detect the different typologies and related severities of surface distress;
- GripTester friction system to determine skid resistence coefficient.

3. The road data base, built according to user requirements is user-friendly, presented in terms of homogeneous section subdivisions.
It is dynamic, allowing the user to easily update the information stored in the data base and to introduce modification concerning economic models or analysis.

4. Different management systems are included for highways, secondary roads and urban roads. Particular attention is paid to the different types of maintenance measures that have to be considered, including preventive maintenance.
The PMS is providing cost/benefit analysis in terms of single projects as well as network levels.

A number of different models were used to prepare final data for the economic evaluation:

- Deflection values interpretation by the Road Moduli Evaluation (RO.M.E.®) program: besides modulus evaluation, RO.M.E. is able to calculate the remaining fatigue life of the pavements, the overlay needed to sustain the expected traffic or alternative maintenance measures, as total or partial reconstruction.

- Road homogeneous subsection division using the ISO® program: based on field data acquisition and external constraints, the program provides homogeneous sections for the whole network.

- Economic models including analysis of uneven roads, vehicle operating cost, environmental conditions, and pavement forecasting conditions in terms of benefit/cost analysis of the different maintenance alternatives proposed.

- Models to prepare a priority list for maintenance.

The general conditions of the pavement is reported in terms of PQI (Pavement Quality Index) calculated by taking into account the residual life of the pavement, its roughness, skid resistance and surface distress.
On the basis of the average condition of the homogeneous pavement sections a cost/benefit ratio analysis is carried out for individual projects as well as for the network level. The effect of an optimized rehabilitation strategy on the future condition of the road network is then analyzed according to the budget constraints, and a multiannual rehabilitation program (over 10 years) is realized.
Examples of rehabilitation programs are reported in the paper with different projects in important Cities and road networks in Middle East and Europe.

Road Asset Management

In order to create a dynamic Asset evaluation and Management process, a Mobile Mapping System and a GIS Software is necessary.
The "**Laser&VideoCar**" and "**ADE**" (Automated Distress Evaluation) designed and developed from RODECO, are both mobile mapping systems to make a precise high resolution survey in very short time. The vehicle is equipped with many different sensors able to perform very high detailed survey along the trajectory of movement. By this technology it is possible to create a Geodatabase to manage with the GIS software "**RAMSIT**".
The "Laser&VideoCar" and "ADE" systems are designed for a complete road inventory and Asset Management.

These equipments acquire in real time and by a post processing method, several dataset like:

1. Vehicle route

2. Road size, signs, posters, lamps, pavements, sidewalks, guard-rails, tunnels, retaining walls, etc.

3. Geo-referenced and high resolution images acquired in JPEG or AVI format. The road images are very useful for the public administration because they allow a quick and easy check of the status of the road network.

4. Longitudinal and cross profile, road pavement roughness (IRI – International Roughness Index),

5. PCI (Pavement Condition Index) automatically evaluated by ADE system for each pavement section taking into account the distress type (alligator cracks, longitudinal and transversal cracks, ravelling, photoles, setlement, etc.) and its severity.

Road Asset Management by GIS "RAMSIT"

IRODECO has developed a GIS software "**RAMSIT**" (Road Asset Management) to create an easy way to access and manage all roads and infrastructure maps and asset information directly from any desktop.
RAMSIT is a tool that can assist with the planning and decision making process and can be used by any discipline (structural and functional pavement management, signals inventory, pipelanes maps, etc).

Asset Management and the GIS system contain informations about field and facility assets including their physical location.
The PMS "RO.MA." and GIS "RAMSIT" will permit to the Public Agencies to precisely know their road asset in order to plan the maintenance and to intervene immediately, with the best cost/benefit solutions, for the traffic safety and functionality of the roads network.

Realizace systému hospodaření s vozovkou a vyhodnocení jeho přínosu pro silniční síť

Dr. Gianfranco Battiato
President společnosti RODECO Group, Itálie

ABSTRAKT

Systém pro správu a údržbu vozovky

Systém pro správu a údržbu vozovky (PMS – Pavement Management System) byl vyvinutý společností RODECO pro městské silnice a dálniční sítě a dále je zde popsaný společně s krátkým popisem jeho prvků.
Hlavní prvky „RO.MA.®" (Road Management) PMS, implementované na různých silničních sítích, lze shrnout následovně:

1. Historie výstavby a opravy:

a) systém údržby;

b) konstrukční parametry vozovek (tloušťka, skladba vrstev, počet pruhů a jejich šířka);

c) průzkum dopravních údajů (počet, typ a zátěže náprav);

d) fyzické omezení, důležité na městských silnicích;

e) environmentální podmínky a druhy povolené údržby;

f) počasí;

g) místní cena údržby.

2. Vyhodnocení vozovky použitím vysoce výkonných systémů pro měření strukturálních a funkčních podmínek silničních sítí:

- Dynamický průhyboměr těžké padající váhy (HWD – Heavy Falling Weight Deflectometer) – pro určení nosnosti vozovky společně s radarovým měřením tloušťky;

- Laserový profilometr – pro určení rovnosti podélného profilu vozovky;

- Průzkum narušení – pro záznam různých typologií a s nimi spojenými stupni vážnosti narušení povrchu;

- Systém přilnavosti GripTester pro určení koeficientu odolnosti proti smyku.

3. Silniční databáze je vytvořená dle požadavků uživatele, je uživatelsky orientovaná a představená v jednotkách homogenních dílů rozdělení.
Dále je dynamická a umožňuje uživateli jednoduchou aktualizaci uložených údajů v databázi a provádění modifikací ekonomických modelů nebo analýz.

4. Obsahuje různé řídicí systémy pro dálnice, silnice druhé třídy a městské silnice. Zvláště se zaměřuje na různé druhy údržby včetně preventivní údržby.
Systém PMS poskytuje analýzu nákladů – přínosů v rámci jednotlivých projektů nebo na úrovni celé silniční sítě.

Pro přípravu konečných údajů pro ekonomické vyhodnocení se používá několik různých modelů:

- Vyhodnocení hodnot průhybu (deflekce) pomocí programu RO.M.E.® (Road Moduli Evaluation): kromě vyhodnocení modulu je program RO.M.E. schopný navrhnout zbývající životnost vozovek včetně návrhu technologie nutné pro docílení očekávané provozní životnosti nebo alternativní údržbu, taktéž totální nebo částečnou rekonstrukci.

- Homogenní rozdělení silničních dílů použitím programu ISO®: na základě údajů z terénu a externích omezení poskytuje program homogenní rozdělení celé silniční sítě.

- Ekonomické modely včetně analýzy nerovných vozovek, nákladů na provoz vozidel, environmentální podmínky a prognostické podmínky ve smyslu analýzy výhod / nákladů různých navržených alternativ údržby.

- Modely pro přípravu seznamu priorit v údržbě.

Obecná kvalita vozovky je prezentovaná pomocí indexu PQI (index kvality vozovky), který zahrnuje analýzu zbývající životnosti krytu, jeho drsnost, odolnost vůči smyku a narušení povrchu.
Na základě průměrného stavu homogenních úseků vozovky se provede analýza poměru náklady / výhody pro jednotlivé projekty a pro celé sítě. Vliv optimalizované strategie na budoucí stav obnovy silniční sítě je pak vyhodnocen podle výšky rozpočtů, z čehož vyjde několikaletý program obnovy (přes 10 let).
Příklady programů obnovy jsou uvedeny v příspěvku a týkají se různých projektů v důležitých městech a na silničních sítích na blízkém východě a v Evropě.

Hospodaření s vozovkou

Pro vytvoření dynamického systému pro vyhodnocování a hospodaření s vozovkou je nutný mobilní systém mapování a GIS software.
„**Laser&VideoCar**“ a „**ADE**“ (Automatizované vyhodnocení poruch) jsou navržené a vyvinuté společností RODECO. Jsou to mobilní mapovací systémy, které provádějí přesné a rychlé snímání ve vysokém rozlišení. Vozidlo je vybavené různými senzory pro provedení velmi podrobného snímaní na dráze pohybu. Touto technologií je možné vytvořit geodatabázi pro řízení GIS softwarem „**RAMSIT**“.
„Laser&VideoCar“ a „ADE“ systémy jsou navržené jako kompletní pro hospodaření s inventářem a vozovkou.

Tyto stroje snímají v reálném čase následující údaje:

1. Trasa vozidla

2. Velikost vozovky, dopravní cedule, plakáty, lampy, vozovky, chodníky, svodidla, tunely, opěrné zdi atd.

3. Obrázky ve vysokém rozlišení a s geografickou referencí jsou zaznamenané v JPEG nebo AVI formátu. Obrázky vozovek jsou velmi užitečné pro veřejnou správu, protože umožňují rychlou a jednoduchou kontrolu stavu silniční sítě.

4. Podélný a příčný profil (IRI – International Roughness Index), drsnost vozovky.

5. Index stavu vozovky (PCI) je automaticky vyhodnocený ADE systémem pro jednotlivé úseky vozovky, ADE systém zohledňuje druh poruchy (síťové/vlasové trhlinky, podélné a příčné trhliny, drolení, výmoly, sedání atd.) a její závažnost.

Hospodaření s vozovkou pomocí GIS „RAMSIT“

Společnost RODECO vyvinula GIS software „**RAMSIT**“, o hospodaření se všemi vozovkami a mapami infrastruktury a informacemi přímo z kteréhokoliv počítače s jednoduchým přístupem.
RAMSIT je nástroj, který může pomoci s plánováním a rozhodováním a může být použitý v kterékoliv disciplině (strukturální a funkční hospodaření s vozovkami, inventář signálů, mapy potrubí, atd.).

Hospodaření s vozovkou a GIS systém obsahují informace o objektech v terénu a kde se nacházejí.
PMS „RO.MA.“ a GIS „RAMSIT“ umožní veřejným orgánům přesně znát svoje silniční objekty a umožní plánování údržby, včasné provedení údržby a oprav s nejlepšími náklady a výhodami řešení pro bezpečnost dopravy a funkčnost silniční sítě.

The surface picture as decision base for maintenance systems and its further development

Dipl.-Ing. Stephan Villaret
Villaret Ingenieurgesellschaft GmbH,
Německo

VILLARET
Ingenieurgesellschaft mbH

Das Oberflächenbild als Entscheidungsgrundlage für das Erhaltungssystem und dessen Weiterentwicklung

Stephan Villaret

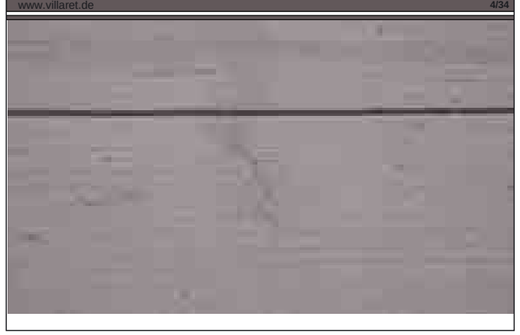
Typische Schadensbilder

www.villaret.de 3/34

Im Folgenden werden einige **typische Schadenbilder** gezeigt,
die sich im Laufe der normativen Nutzungsdauer (in der Regel 30 Jahre)
von leicht bis schwer entwickeln können.

Riss über Anker

www.villaret.de 4/34



Querriss

www.villaret.de 5/34

Längsriss

www.villaret.de 6/34

Schrägriss mit Sekundärschaden

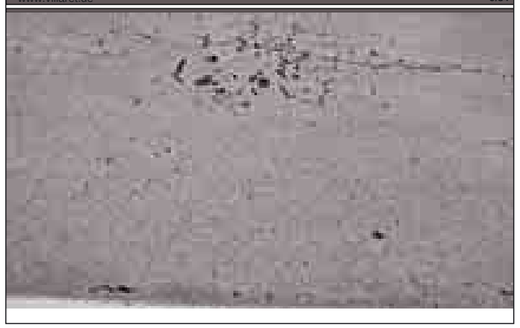
www.villaret.de 7/34

Rüttelgassen

www.villaret.de 8/34

Netzrisse

www.villaret.de 9/34

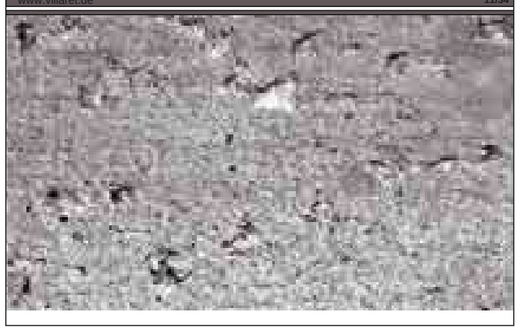


Kantenschäden

www.villaret.de 10/34

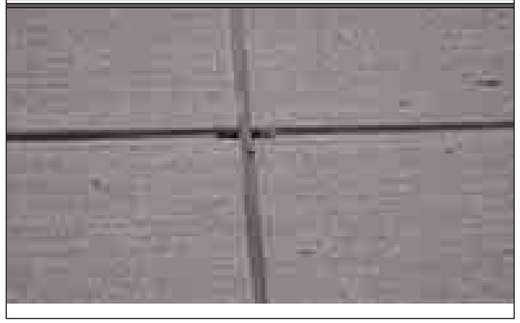
Oberflächenschäden

www.villaret.de 11/34



Abgerissenes Fugenprofil

www.villaret.de 12/34



Endsporn, aufgeknickt

www.villaret.de 13/34

Intention

www.villaret.de 14/34

- Begrenzte finanzielle Mittel verlangen nach einer längeren Nutzungsdauer bei geringem Instandhaltungsaufwand
- Steigende Verkehrsbelastungen und extremere klimatische Bedingungen müssen zur Sicherung einer langen Nutzungsdauer von Strassen berücksichtigt werden

Wovon ist die Lebensdauer einer Betonstraße abhängig ?

www.villaret.de 15/34

Wovon ist die Lebensdauer einer Betonstraße abhängig ?

www.villaret.de 16/34

Was ist beeinflussbar?

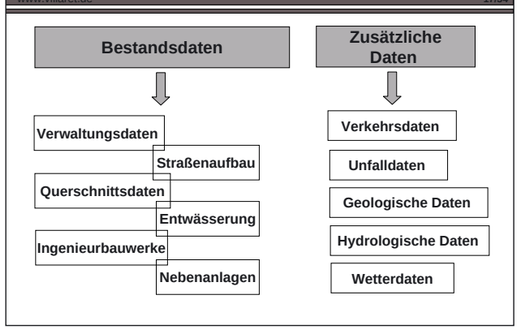
Planung
Baustoffe
Bauausführung
Betrieb
Erhaltungsmaßnahmen (Wahl, Zeitpunkt und Qualität)

Worauf kann **nur** reagiert werden?

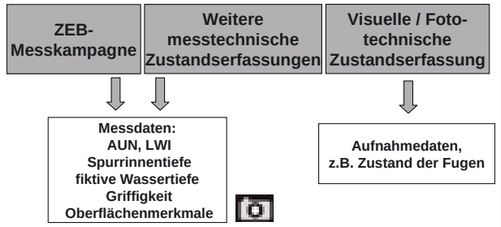
Verkehrsentwicklung
Witterung

Worauf beruht die aktuelle Erhaltungsplanung? Bestandsdaten

www.villaret.de 17/34



Worauf beruht die aktuelle Erhaltungsplanung?
Zustandsdaten



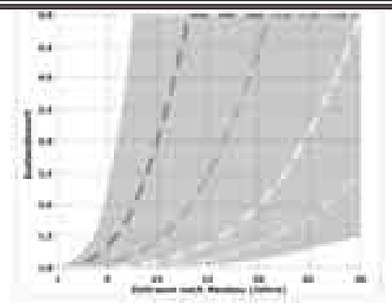
Nachteile der gegenwärtigen Vorgehensweise

- Wichtige Schadens- und Zustandsmerkmale werden nicht erfasst bzw. nicht berücksichtigt, wie z.B. Zustand der Fugen, Netzrissbildung
  - Folge: Einflussgrößen auf die Zustandsentwicklung bleiben unberücksichtigt
  - Abhilfe: zusätzliche Erfassungen und Integration in die Bewertungssystematik

Nachteile der gegenwärtigen Vorgehensweise

- Die Verhaltensfunktionen der RPE-Stra sind idealisiert und bilden die tatsächliche Entwicklung des Straßenoberbaus nicht hinreichend ab
  - Folge: Falsche Prognosen über das künftige Verhalten der Fahrbahn und infolge dessen falsche Maßnahmeempfehlungen
  - Abhilfe: Gezielte Auswertung von Zustandsdaten aus vergangenen Aufnahme- und Auswertezyklen zur Schaffung verbesserter Verhaltensfunktionen; Berücksichtigung von Dimensionierung und Konstruktion sowie der Materialeigenschaften in der Theorie und Umsetzung in der Praxis

Verhaltensfunktionen nach RPE-Stra
Oberflächenschäden



Zustandsentwicklung

- Die Zustandsentwicklung wird teilweise falsch interpretiert, da nicht zwischen „älteren“ und „neueren“ Betonfahrbahnen unterschieden wird
  - Folge: falsche Bewertung der Bauweise und der zu erwartenden Entwicklung
  - Lösung: Berücksichtigen, dass bei älteren Fahrbahnen die Schäden überwiegend **konstruktiv**[1)] bedingt sind, bei neueren Strecken vorwiegend **baustoff- oder ausführungsbedingt**

[1)] großer Fugenabstand, ungeeignete Unterlage, fehlende Querkraftübertragung, unterdimensioniert

Nachteile der gegenwärtigen Vorgehensweise

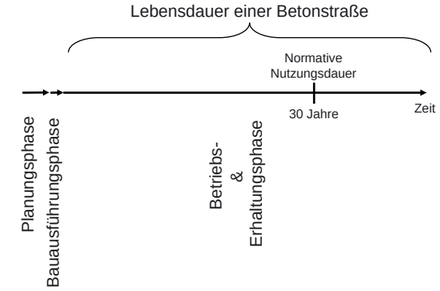
- Erhaltung beginnt ab der Verkehrsfreigabe
  - Folge: es sind nur noch Reaktionen möglich
  - Abhilfe:

Erhaltungsmanagement beginnt weit vor der Fertigstellung bzw. Ablauf der Verjährungsfrist für Mängelansprüche

⇩

betriebs- und erhaltungsfreundliches Planen und Bauen

Zeitliche Betrachtung einer Betondecke



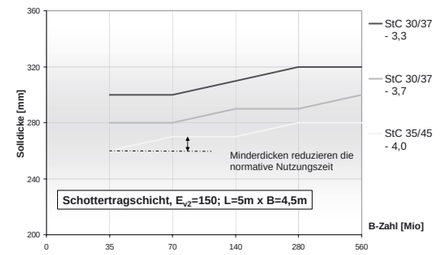
Planungsphase

- Richtige Wahl des Konstruktionsaufbaus für die zu erwartende Belastung
- Zutreffende Dimensionierung der Betondecke
- Beachtung von wichtigen Randbedingungen, z.B. von Erdbau und Entwässerung
- Konkrete Anforderungen an die Baustoffe (mechanische und chemische Eigenschaften)

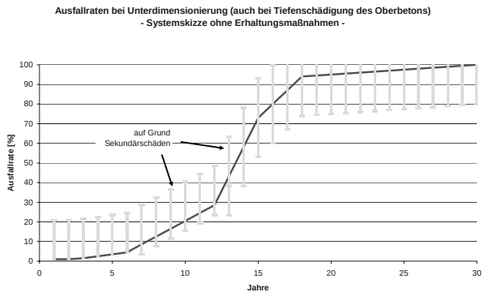
Dimensionierung - wie?

- **Standardisierung** (in Deutschland: RStO):
  - Vorgabe Schichtdicke überwiegend nach Erfahrung bei Einteilung in Bauklassen
  - Unterschiedliche geometrische und Materialeigenschaften bleiben unberücksichtigt
  - Differenzierte Belastungskriterien aus Verkehr und Witterung bleiben unberücksichtigt
- **Rechnerische Dimensionierung** (in Deutschland: künftig RDO Beton) berücksichtigt:
  - Materialeigenschaften
  - Geometrieeigenschaften
  - Differenzierte verkehrliche und klimatische Einflüsse

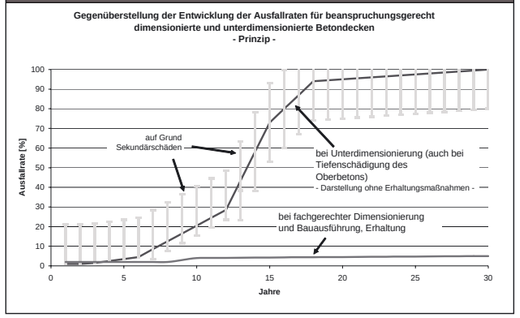
Dimensionierung: Solldicke in Abhängigkeit der Spaltzugfestigkeit & der Anzahl der Lastwechsel



Ausfallrate unterdimensionierter Betondecken



Gegenüberstellung der Ausfallraten



Erhaltungsminimierung durch die Qualität der Bauausführung

www.villaret.de 30/34

- Durch
  - Wahl dem Regelwerk und der Konstruktion entsprechende Baustoffe
  - Fachgerechte und qualitativ abgesicherte Bauausführung
  - Statistische Auswertung der Probenahmen
  - Qualitätsmanagement
- Vermeidung von
  - Technischen Fehlern – z.B. keine Abweichung von Planung und vom Stand der Technik
  - Technologischen Fehlern – z.B. mangelnder Abstimmung zwischen Betonkonsistenz und Einbautechnologie

Erhaltungsminimierung durch die Qualität der Bauausführung

www.villaret.de 31/34

- Homogene Baustoffeigenschaften
- Profilgerechte Lage und konstante Dicken
- Regelgerechte Anker- und Dübellage
- Regelgerechte Fugenausbildung
- Regelgerechte Strukturierung der Oberfläche

Aufwandsminimierung in der Betriebs- und Erhaltungsphase 1

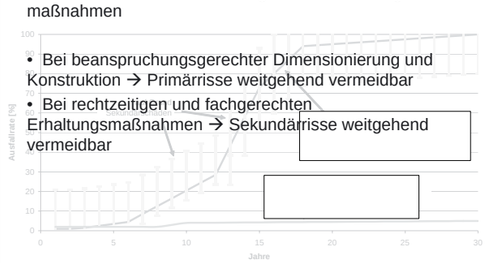
www.villaret.de 32/34

- Schlussfolgerungen aus der Kontrollprüfung / Abnahme sowie Prüfung am Ende der Verjährungsfrist
- regelmäßige präzise Erfassung des Oberflächenbildes zur Früherkennung von Schäden
- genaue Lokalisierung von Bestands- und Zustandsdaten, sowie Verifizierung und Dokumentation der Bestandsdaten
- Zuordnung von Schadensursachen
- Entwicklung von spezifischen Verhaltensfunktionen für jeden Bauabschnitt
- Integration der Daten des Straßenentwurfs in das Erhaltungsmanagement
- Frühzeitige Instandhaltungsmaßnahmen, um Sekundärschäden zu vermeiden

Erhaltungsmaßnahmen

www.villaret.de 33/34

Entscheidend ist die Rechtzeitigkeit von Erhaltungs-maßnahmen



- Bei beanspruchungsgerechter Dimensionierung und Konstruktion → Primärrisse weitgehend vermeidbar
- Bei rechtzeitigen und fachgerechten Erhaltungsmaßnahmen → Sekundärrisse weitgehend vermeidbar

Der Weg zum Erfolg:

www.villaret.de 34/34

Stav povrchu jako rozhodovací podklad pro systém údržby a jeho další vývoj

Dipl.-Ing. Stephan Villaret
Villaret Ingenieurgesellschaft GmbH,
Německo

VILLARET
Ingenieurgesellschaft GmbH
www.villaret.de 1 / 34

Stav povrchu jako rozhodovací podklad pro systém údržby a jeho další vývoj

Stephan Villaret

Typické obrázky poškození

www.villaret.de 3 / 34

Následují obrázky typického poškození, které se mohou během normativní životnosti (zpravidla 30 let) mírně až vážně vyvinout.

Trhlina nad kotvami

www.villaret.de 4 / 34

Příčná trhlina

www.villaret.de 5 / 34

Podélná trhlina

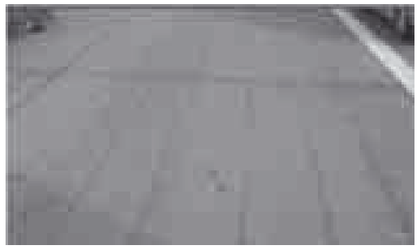
www.villaret.de 6 / 34

Šikmá trhlina se sekundárním poškozením

www.villaret.de 7 / 34

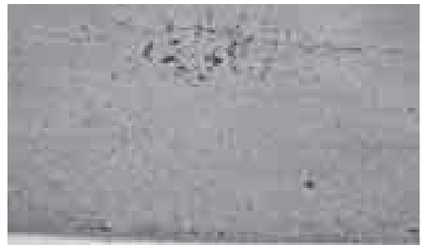
Dráhy vibrátorů

www.villaret.de 8 / 34



Síťové trhliny

www.villaret.de 9 / 34

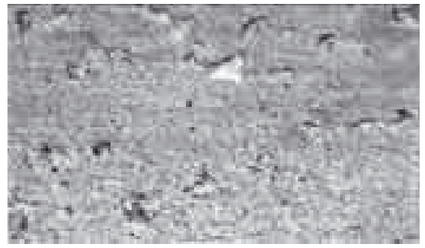


Poškození hrany

www.villaret.de 10 / 34

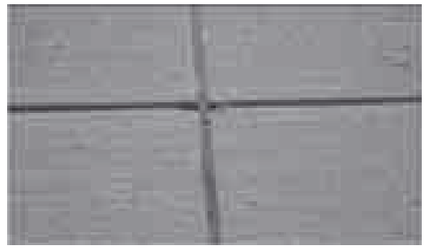
Poškození povrchu

www.villaret.de 11 / 34



Přetržený spárový profil

www.villaret.de 12 / 34



Prolomení desky v místě ukotvení (přechod CB x AB)

www.villaret.de 13 / 34

Záměr

www.villaret.de 14 / 34

- S omezenými finančními prostředky se vyžaduje dlouhá provozní životnost při nízkých nákladech na údržbu.
- Rostoucí dopravní zatížení a extrémní klimatické podmínky se pro zajišťování dlouhé provozní životnosti silnic musí zohlednit.

Na čem je závislá životnost betonové vozovky?

www.villaret.de 15 / 34

Plánování a dimenzování

Stavební materiály a provedení stavby

Řízení údržby a provozu

Na čem je závislá životnost betonové vozovky?

www.villaret.de 16 / 34

Co lze ovlivnit?

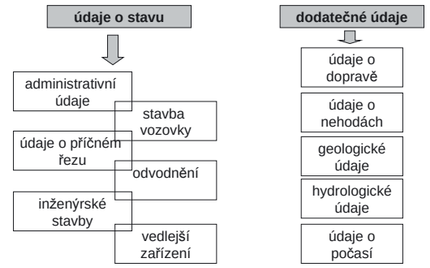
Plánování
Stavební materiály
Provedení stavby
Provoz
Údržbová opatření (volba, načasování a kvalita)

Na co lze **pouze** reagovat?

Vývoj dopravní zátěže
Počasí

Co ovlivňuje aktuální plánování údržby? Údaje o stavu

www.villaret.de 17 / 34



Co ovlivňuje aktuální plánování údržby? Údaje o stavu

www.villaret.de 18 / 34

ZEB-doba měření | **Další technická měření pro evidenci stavu** | **Vizuální / fototechnické evidence stavu**

Měřené údaje:
AUN, LWI
hloubka kolejí
fiktivní hloubka vody
drsnost
vlastnosti povrchu

Záznam dat
např. stav spár

Nevýhody současného postupu

www.villaret.de 19 / 34

Důležité údaje o poškození nebo stavu se neevidují, popř. nezohledňují, jako např. stav spár, tvorba síťových trhlin

- následky: činitele mající vliv na vývoj stavu zůstávají nezohledněné
- náprava: dodatečné evidování a integrace do systému vyhodnocování

Nevýhody současného postupu

www.villaret.de 20 / 34

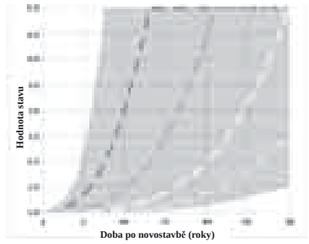
Funkce chování RPE-Stra jsou idealizované a neznázorňují skutečný vývoj vrchní stavby vozovky

- následky: nesprávné prognózy o budoucím chování vozovky a následně nesprávné doporučení opatření
- náprava: cílené vyhodnocení údajů o stavu z cyklů předchozích záznamů a vyhodnocení pro vytvoření vylepšených funkcí chování;

Zohlednění dimenzování a konstrukce a taktéž vlastností materiálů jak z teoretického, tak praktického hlediska.

Funkce chování dle RPE-Stra Poškození povrchu

www.villaret.de 21 / 34



Vývoj stavu

www.villaret.de 22 / 34

Vývoj stavu se částečně nesprávně interpretuje, neboť se nerozlišují „staré“ a „nové“ betonové vozovky

- následky: nesprávné vyhodnocení stavební technologie a očekávaného vývoje
- řešení: zohlednit, že na starých vozovkách existují poškození převážně v důsledku **konstrukce**[1)], u nových tahů vyplývají ze **stavebního materiálu** nebo **provedení**.

[1)] **Větší odstup spár, nevhodný podklad, chybějící přenášení příčné síly, poddimenzovaná**

Nevýhody současného postupu

www.villaret.de 23 / 34

Údržba a opravy začínají až po uvolnění do provozu

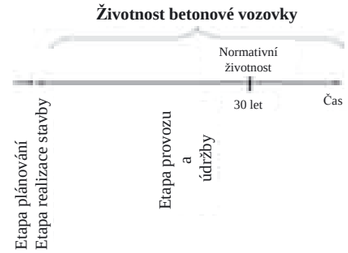
Následky: je možné pouze reagovat

Náprava:
řízení údržby začíná dlouho před dokončením stavby, popř. před uplynutím záruční doby pro vady

Plány a stavby vyhovující provozu a údržbě

Časový pohled na betonový kryt

www.villaret.de 24 / 34



Etapa plánování

www.villaret.de 25 / 34

- Správná volba stavební konstrukce podle očekávaného zatížení
- Správné dimenzování betonového krytu
- Zohlednění okrajových podmínek, např. ze zemních prací a odvodnění
- Konkrétní požadavky na stavební materiály (mechanické a chemické vlastnosti)

Dimenzování – jak na to?

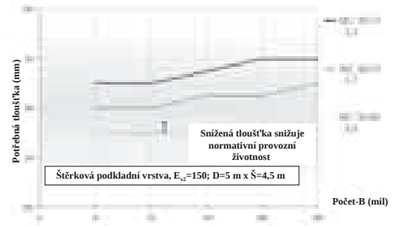
www.villaret.de 26 / 34

Standardizace (v Německu RStO):
- stanovená tloušťka vrstev převážně dle zkušeností při rozdělení do stavebních tříd
- různé geometrické a materiálové vlastnosti zůstávají nezohledněné
- rozdílná kritéria zatížení z dopravy a počasí zůstávají nezohledněná

Výpočtové dimenzování (v Německu: v budoucnu RDO Beton) zohledňuje:
- vlastnosti materiálů
- geometrické vlastnosti
- rozdílné dopravní a klimatické vlivy

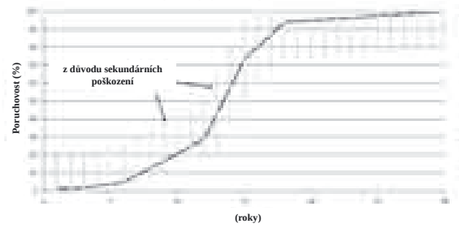
Dimenzování: potřebná tloušťka v závislosti na pevnosti v příčném tahu a počtu střídavého zatěžování

www.villaret.de 27 / 34



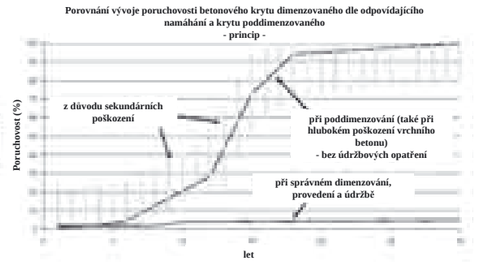
Poruchovost poddimenzovaného betonového krytu

www.villaret.de 28 / 34



Porovnání poruchovosti

www.villaret.de 29 / 34



Minimalizace údržby kvalitním provedením stavby

www.villaret.de 30 / 34

Prostřednictvím:
- smluvním podmínkám a konstrukci volba odpovídajících stavebních materiálů
- odborně a kvalitně provedených stavební prací
- statistickým vyhodnocováním odebraných vzorků
- řízení kvality

Omezením:
- technických chyb, např. odchylek od plánu a technických parametrů
- technologických chyb, např. v chybějícím přizpůsobení konzistence betonu a v technologii provádění

Minimalizace údržby kvalitním provedením stavby

www.villaret.de 31 / 34

- homogenní vlastnosti stavebních materiálů

- správná niveleta a konstantní tloušťka

- řádné uložení kotev a kluzných trnů

- správné provedení spár

- správná úprava textury povrchu vozovky

Minimalizace nákladů v provozní fázi a v etapě údržby 1

www.villaret.de 32 / 34

- posouzení kontrolních / přejímacích zkoušek a zkoušek na konci záruční doby
- pravidelný precizní sběr dat o stavu povrchu pro včasnou identifikaci poškození
- přesná lokalizace dat o existujícím stavu a situaci a rovněž ověření a dokumentace existujících dat
- identifikace příčin poškození
- vývoj specifických funkcí chování pro každý stavební úsek
- integrace údajů z návrhu vozovky do řízení údržby
- včasná údržbová opatření k omezení sekundárních škod

Údržbová opatření

www.villaret.de 33 / 34

Rozhodující je včasnost údržbových opatření

- při řádném a odpovídajícím dimenzování a konstrukci
⇒ lze z větší části zabránit vzniku primárních trhlin

- při použití včasných a odborných údržbových opatření
⇒ lze z větší části zabránit vzniku sekundárních trhlin

Cesta k úspěchu

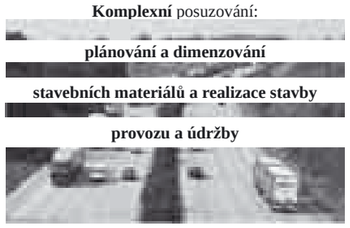
www.villaret.de 34 / 34

Komplexní posuzování:

plánování a dimenzování

stavebních materiálů a realizace stavby

provozu a údržby



4. blok přednášek

Zkušenosti z výstavby a zajímavé realizace

Session 4

Experience from Construction and Interesting Structures

Roundabouts with concrete pavements in Austria

Dipl.-Ing. Dr. Johanes Steigenberger
Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, Rakousko

Kurzfassung

Die Betondeckenbauweise wird in Österreich überwiegend im hochrangigen Autobahnen- und Schnellstraßennetz bei schwerer Verkehrsbelastung und/oder hohem Schwerverkehrsanteil eingesetzt. Neuerdings wird sie auch bei geringem Verkehr (Spurwege, Betonpflaster) und für Kreisverkehre angewandt.

Der Beitrag zeigt die wesentlichen Schritte von der Planung bis zur Ausführung anhand praktischer Beispiele. Insbesondere werden Dimensionierung, Anforderungen an den Beton, Fugenteilung und Ausführung behandelt.

Im Osten Österreichs wurden in den letzten Jahren immer häufiger Kreisverkehre mit Betondecken ausgestattet, Tendenz steigend. Die Betonbauweise gelingt, wenn die Decke richtig dimensioniert wird und eine hohe, gleichmäßige Qualität aufweist.

Einleitung

Der Betonstraßenbau konzentrierte sich in Österreich überwiegend auf das hochrangige Autobahnen- und Schnellstraßennetz, wo eine starke Verkehrszunahme beim Schwerverkehr aber auch Sicherheitsbestrebungen (bei Tunnel mit Längen über 1000 m) die Betonbauweise erforderten. Im städtischen Bereich findet die Betonbauweise überwiegend Anwendung bei Bushaltestellen, Busspuren und im Kreuzungsbereich.

Seit einigen Jahren werden Kreisverkehre im Osten Österreichs (siehe Abbildung 1) immer häufiger in Beton ausgeführt [1]. Aus Verkehrssicherheitsgründen, aber auch zur Sanierung von Unfallhäufungspunkten notwendig, werden Kreisverkehre als Anbindung an das hochrangige Netz stark exponiert und schwer befahren. Hier zeigen sich rasch die Grenzen der Belastbarkeit und Haltbarkeit.

Abbildung 1: Kreisverkehr Schwechat, NÖ [Foto VÖZ]

Baugrundsätze

Die Dimensionierung des Oberbaus erfolgt nach den österreichischen Richtlinien und Vorschriften für den Straßenbau RVS 03.08.63, Oberbaubemessung [2] (Abbildung 2). Die erhöhte Beanspruchung erfordert für die Lastklasse I eine Mindestdicke von 22 cm Betondecke. Bei höherem Schwerverkehrsanteil sollte auf die Lastklasse S (über 18 Millionen Bemessungsnormallastwechsel) mit nachfolgendem Aufbau übergegangen werden:

25 cm	Betondecke (verdübelt)
5 cm	Asphalt
20 cm	Zementstabilisierte Tragschicht oder 45 cm ungebundene Tragschicht

Die Ergebnisse einer in Österreich durchgeführten Untersuchung zeigen, dass sich eine Minderbemessung gerade bei schwer beanspruchten Kreisverkehren in Verbindung mit schlechten Untergrundverhältnissen sehr rasch mit dem Auftreten von Kanten- und Eckabbrüchen auswirken kann [3].

Hoher Schwerverkehr erfordert daher eine sorgfältige Bemessung und Planung, insbesondere auch bei der Fugenteilung, da gerade die Plattenränder beim Kreisverkehr harten Belastungen ausgesetzt sind [4, 5].

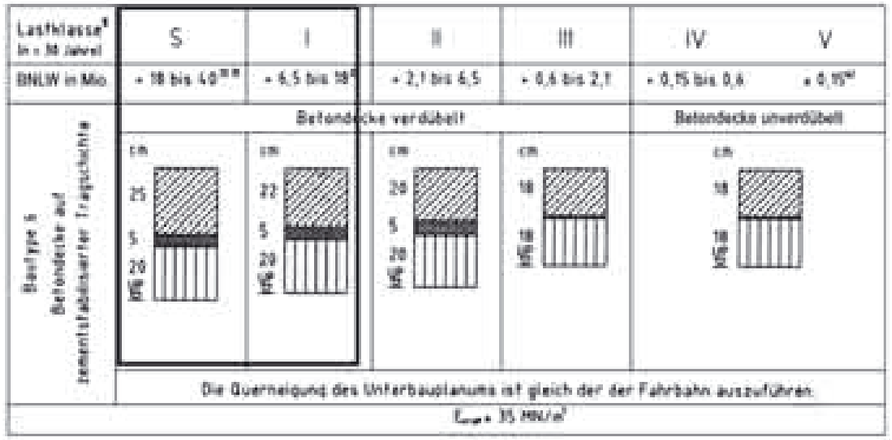


Abbildung 2: Aufbau der Betondecke nach RVS 03.08.63 [2]

Die dünne Asphaltzwischenschicht ist zwar nicht unbedingt erforderlich, hat aber gerade für das Fixieren der Schalung (händischer Einbau) und als befahrbare Sauberkeitsschicht (Betonanlieferung, Einbau mit Fertiger) große Vorteile.

In Österreich wird eine Betondecke im Allgemeinen nicht bewehrt, auch Kreisverkehre mit Betondecke werden nicht durchgehend bewehrt. Da nahezu alle Fugen im Kreisverkehr mehr oder weniger stark befahren werden, werden sie im Allgemeinen verdübelt, die Längsfugen im Ein- / Ausfahrtsarm werden wie bei herkömmlichen Betonfahrbahndecken mit Ankern versehen.

Die Plattengeometrie orientiert sich im Wesentlichen an den Vorschriften für den Betondeckenbau [6]:

Länge ≤ 1,5-fache Breite
Länge ≤ 25 - fache Dicke
max. Feldlänge = 5,5 m
Vermeiden von spitzwinkelig zusammenlaufenden Ecken, etc.
Verhältnis Länge : Breite = 1 : 1 bei Endfeldern mit freiem Rand

Besondere Sorgfalt ist bei der Fugenausbildung im Einfahrtsbereich in den Kreisverkehr und im Übergangsbereich Belagswechsel Asphalt – Beton zu legen. In jedem Fall ist rechtzeitig vor Baubeginn ein entsprechender Fugenteilungsplan zu erstellen, der auch die Verkehrsführung in den verschiedenen Bauphasen und Betoneinbauzeiten berücksichtig.

Abbildung 3: Kreisverkehr Kaindorf / Steiermark, Ein- und Ausfahrt in Beton [3]

Stark beansprucht werden bei Kreisverkehrsanlagen die Ein- und Ausfahrtsbereiche, vor allem durch Brems- und Beschleunigungskräfte, häufig auch durch den Schwerverkehr bei Rückstau in den Einfahrtsbereich. Es wird daher empfohlen, die Ein- und Ausfahrtsarme etwa 50 m lang ebenfalls in Beton auszuführen (Abbildung 3). Diese Länge entspricht etwa zwei LKW – Zügen.

Abbildung 4: Kreisverkehr in Bad Fischau / N.Ö., nur die Einfahrt in Beton [3]

Beton – Anforderungen und Einbau

Bei den Anforderungen an den Beton gelten die üblichen Anforderungen an Straßenbeton, wie sie das österreichische Regelwerk [6] fordert.

- Frost-Tausalz-Beständigkeit
- Witterungsbeständigkeit
- Spaltzugfestigkeit (28 Tage)
- Verwendung verschleißfester / polierresistenter Körnungen
- Konsistenz entsprechend der Einbaumethode (händisch / maschinell)

Eine wesentliche Überlegung für die Zusammensetzung und Anforderungen an den Beton betrifft auch die Verkehrsführung bzw. die Verkehrsfreigabe. Im Einzelfall kann es erforderlich sein, die Anlage bereits sehr früh dem Verkehr zu übergeben [7].

Im Zuge von größeren Baumassnahmen stellen diese Anforderungen im Allgemeinen kein Problem dar. Häufig werden jedoch Kreisverkehrsanlagen als kleinere, einzelne Baumassnahme oder an sehr entlegenen Plätzen errichtet und der Beton wird dann im nächst gelegenen Transportbetonwerk nach ÖNORM B 4710-1 [8] bestellt. Empfohlen wird dann gemäß [9] die Betonsorte

C30/37/XF4/XM2(A) Oberbeton, bzw.

C30/37/XF4(A) Unterbeton bei zweischichtiger Ausführung

Wesentlich erscheint jedoch, dass die Konsistenz auf die jeweilige Einbaumethode und das entsprechende Verfahren gut abgestimmt wird (siehe Abbildungen 5 und 6), eine ausreichende Verdichtung ermöglicht und einen hochwertigen Oberflächenschluss mit entsprechender Strukturierung gewährleistet.

Abb. 5: Betoneinbau mit Fertiger [3]

Abb. 6: händischer Betoneinbau [3]

Zusammenfassung und Empfehlungen

Der Betonstraßenbau konzentrierte sich in Österreich überwiegend auf das hochrangige Autobahnen- und Schnellstraßennetz, wo eine starke Verkehrszunahme beim Schwerverkehr aber auch Sicherheitsbestrebungen die Betonbauweise erforderten.

Beton ist auch im untergeordneten Straßennetz eine sinnvolle Alternative. Seit einigen Jahren werden Kreisverkehrsanlagen, vor allem im Osten Österreichs, immer häufiger in Beton ausgeführt. Aus Verkehrssicherheitsgründen, aber auch zur Sanierung von Unfallhäufungspunkten notwendig, werden Kreisverkehrsanlagen als Anbindung an das hochrangige Netz stark exponiert und schwer befahren.

Für den Bau von Kreisverkehren mit Betondecke lassen sich aus den bisherigen Ausführungen folgende Empfehlungen ableiten:

- Betondecke Mindestdicke 22 cm (Lastklasse I), besser 25 cm (Lastklasse S)
- Fugenteilungsplan rechtzeitig vor Baubeginn
- Sorgfältige Wahl der Plattengeometrie im Übergangsbereich Ein-/Ausfahrt Kreisverkehr (Vermeidung von spitzwinkelig zusammenlaufenden Ecken)
- Dübelanordnung auch in befahrenen Längsfugen
- Betonsorte C30/37/XF4/XM2 (im Allgemeinen für den Oberbeton)
- Konsistenz entsprechend den Anforderungen beim Einbau (Einbaumethode, Verdichtungsverfahren, Oberflächenstruktur)
- Anbindungen (Ein- / Ausfahrt) etwa 50 m lang in Beton

Bei ausreichender Dimensionierung und fachgerechter Herstellung kann für die Ausführung „Kreisverkehr mit Betondecke“ eine lange technische Gebrauchsdauer bei geringem Erhaltungsaufwand erwartet werden. Die Erfahrungen und Empfehlungen wurden als Hilfestellung für die praktische Ausführung im Merkblatt „Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken“ [9, 10] zusammengefasst.

Abbildung 7: Kreisverkehr Grillgasse, Wien – Baujahr 2002 [Foto MA28]

Literatur

[1] Steigenberger, J.: Kreisverkehrsplätze in Betonbauweise – Erfahrungen in Österreich, Straße + Autobahn, 6/2006

[2] RVS 03.08.63, Ausgabe Mai 2005: Bautechnische Details – Oberbaumessung, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at

[3] Wedl, S.: Kreisverkehrsanlagen mit Betondecken – State-of-the-Art in Austria, Technische Universität Wien, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, September 2005

[4] Wedl, S.: Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken – Bemessung und Ausführung. Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, Diplomarbeit, Februar 2007

[5] Blab, R.; Steigenberger, J.: Kreisverkehrsanlagen in Betonbauweise, Zement und Beton, Heft 2/2007, Wien

[6] RVS 08.17.02, Ausgabe März 2007: Betondecken – Deckenherstellung, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at

[7] Steigenberger, J.: Noch kürzere Reparaturzeiten mit dem 12-Stunden-Beton. Aktuelles zum Thema Betonstraßen. Update, 2/2003 www.zement.at

[8] ÖNORM B 4710-1, Ausgabe Oktober 2007: Beton – Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, www.on-norm.at

[9] Merkblatt „Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken“, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien, Ausgabe Oktober 2006, www.concrete-austria.com

[10] Merkblatt RVS 08.17.03, Ausgabe Oktober 2008: Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at

Betonové okružní křižovatky v Rakousku

Dipl.-Ing. Dr. Johanes Steigenberger
Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie, Rakousko

Abstrakt

Cementobetonové kryty se v Rakousku používají převážně na důležité dálniční a rychlostní síti se silným provozem a/nebo provozem s vysokým podílem těžké dopravy. V poslední době se používají také na komunikacích s nepatrným provozem (farmářské cesty – dva betonové pruhy pod stopou kol, vozovky s betonovou dlažbou) a také na okružních křižovatkách.

Tento příspěvek představuje podstatné kroky v plánování až po provedení na základě praktických příkladů. Bude se zabývat zejména dimenzováním, požadavky na beton, rozmístěním spár a provedením.

Ve východním Rakousku se v posledních letech stále častěji realizují okružní křižovatky z betonu. Betonová technologie je úspěšná za předpokladu, že se cementobetonový kryt vozovky správně navrhne a vykazuje vysokou a rovnoměrnou kvalitu.

Úvod

Betonové vozovky se v Rakousku používají převážně na důležité dálniční a rychlostní síti se zvyšujícím se silným provozem a těžkou dopravou, ale také z důvodu snahy o bezpečnost (v tunelech delších než 1 000 m). V městských oblastech se betonové technologie uplatňují převážně na autobusových zastávkách, dopravních pruzích pro autobusy a na křižovatkách.

Již několik let se ve východním Rakousku pro stavbu okružních křižovatek čím dál častěji používá beton (viz obrázek 1) [1]. Z důvodu dopravní bezpečnosti, ale také z důvodů nutnosti sanace míst s častou nehodovostí se kruhové objezdy napojují na přednostní silniční síť, která je silně exponovaná a těžce zatížená. Zde se rychle projeví hranice zatížitelnosti a životnosti.

Obrázek 1: Okružní křižovatka, NÖ [Foto VÖZ]

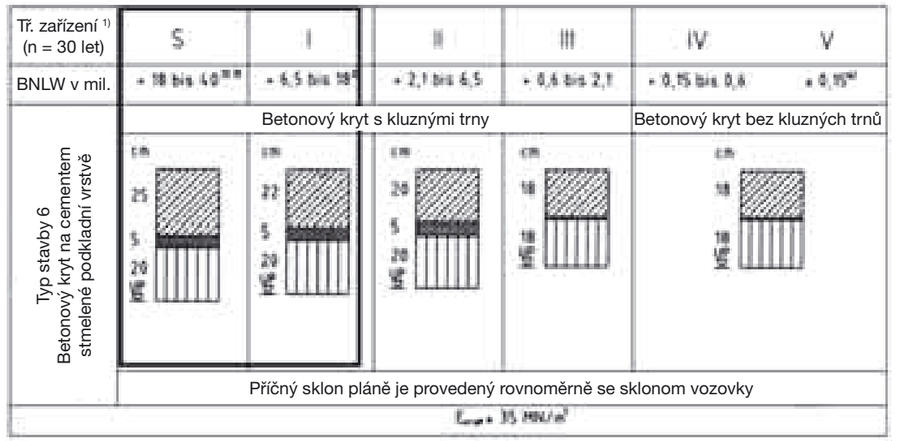
Zásady stavby

Dimenzování svrchní stavby se provádí dle předpisů a postupů pro silniční výstavbu RVS 03.08.63 Dimenzování vrchní stavby [2] (obrázek 2). Zvýšené požadavky pro třídu zatížení I vyžadují minimální tloušťku 22 cm cementobetonového krytu. Při vysokém podílu těžké dopravy se navyšuje třída zatížení na třídu S (více než 18 miliónů přejezdů návrhové normalizované nápravy) s následující konstrukcí:

25cm	cementobetonový kryt (s kluznými trny)
5cm	asfalt
20cm	cementem stmelená podkladní vrstva nebo 45 cm nestmelená podkladní vrstva

Výsledky provedeného rakouského průzkumu ukazují, že nedostatečný návrh těžce zatížených okružních křižovatek spojený se špatnými podmínkami podloží se může rychle projevit ve formě zlomených hran a rohů [3].

Vysoká těžká doprava vyžaduje tedy pečlivé dimenzování a plánování, zejména také při navrhování rozmístění spár, jelikož právě okraje desek jsou u okružních křižovatek silně vystavené zátěži.



Obrázek 2: Složení betonového krytu dle RVS 03.08.63 [2]

Tenká asfaltová mezivrstva není sice nezbytně nutná, ale je velmi výhodná pro fixování bednění (ruční výstavba) a jako pojízdná podkladní vyrovnávací vrstva (dovoz betonu, pokládka finišerem).

V Rakousku se obecně betonové kryty nevyztužují a rovněž betonové okružní křižovatky ani kruhové objezdy se kontinuálně nevyztužují. Jelikož téměř všechny spáry na kruhovém objezdu jsou více či méně pojízdné, musí se zpravidla osadit kluznými trny. Podélné spáry a spáry na nájezdech a výjezdech se stejně jako u běžných cementobetonových krytů osazují kotvami.

Geometrie desek se v podstatě řídí předpisy pro stavbu cementobetonových krytů [6]:

délka ≤ 1,5 x šířka
délka ≤ 25 x tloušťka
max. délka pole = 5,5 m
omezení ostrých sbíhajících se úhlů atd.
poměr délka : šířka = 1 : 1 u koncových polí s volnou hranou

Zvláštní pečlivost vyžaduje řešení spár v nájezdové oblasti okružní křižovatky a oblast přechodu z asfaltu na beton. Každopádně je nutné včas před zahájením stavby vypracovat spárořez, který rovněž zohledňuje vedení provozu v jednotlivých etapách stavby a dobu pro pokládku betonu.

Obrázek 3: Okružní křižovatka Kaindorf / Steiermark, betonový nájezd a výjezd [3]

U okružních křižovatek jsou nájezdové a výjezdové oblasti těžce zatížené, zejména brzdnými a zrychlujícími silami a také v oblasti nájezdu častou kongescí těžkou dopravou. Tady se doporučuje zhotovit 50 m dlouhé nájezdy a výjezdy z betonu (obrázek 3). Tato délka odpovídá přibližně dvěma těžkým vozidlům s návěsy.

Obrázek 4: Okružní křižovatka v Bad Fischau / N.Ö., z betonu pouze nájezd [3]

Beton – požadavky a pokládka

Požadavky na beton odpovídají běžným požadavkům na silniční beton podle rakouských předpisů [6].

- odolnost proti mrazu a rozmrazovacím solím
- odolnost proti počasí
- pevnost v příčném tahu (28denní)
- použití kameniva odolného proti otěru a ohlazení
- konzistence odpovídající technologii stavby (ruční/mechanizmy)

Důležitá úvaha pro složení a požadavky na beton je také vedení dopravy popř. uvolnění do provozu. V ojedinělých případech může být potřebné stavbu velmi rychle předat do provozu.

V souvislosti s velkými stavbami obecně nepředstavují tyto požadavky žádný problém. Často se ale realizují okružní křižovatky jako malé jednotlivé stavby nebo na velmi odlehlých místech a pak je nutné beton objednat na nejblíže situovaných betonárnách dle normy ÖNORM B 4710-1 [8]. Doporučení druhu betonu [9]

C30/37/XF4/XM2(A)	horní beton, popř.
C30/37/XF4/(A)	spodní beton u dvouvrstvové technologie

Důležité je, aby konzistence u použité stavební technologie pokládky a odpovídající postupy byly dobře určeny (viz obrázky 5 a 6), aby bylo dosaženo dostatečné zhutnění a kvalitní povrchová úprava s odpovídající texturou.

Obrázek 5: Pokládka betonu finišerem [3]

Obrázek 6: Ruční pokládka betonu [3]

Shrnutí a doporučení

Betonové vozovky se v Rakousku používají převážně na důležité dálniční a rychlostní síti se zvyšujícím se silným provozem a těžkou dopravou, ale jsou žádoucí také tam, kde se vyžaduje bezpečnost.

Beton je i na podřadných silničních sítích smysluplná alternativa. Již několik let se především ve východním Rakousku čím dál častěji staví okružní křižovatky z betonu. Z důvodu dopravní bezpečnosti, ale také z důvodů nutnosti sanace míst z častou nehodovostí se okružní křižovatky napojují na silně exponovanou a těžce zatíženou silniční síť.

Z doposud provedených okružních křižovatek s betonovým krytem lze učinit následující doporučení:

- minimální tloušťka cementobetonového krytu 22 cm (třída zatížení I), lépe 25 cm (třída zatížení S)
- včasný plán rozmístění spár / spárořez) již před zahájením stavby
- pečlivá volba geometrie desky v oblasti nájezdu a výjezdu (omezení ostrých sbíhajících se úhlů)
- umístění kluzných trnů i do pojížděných podélných spár
- druh betonu C30/37/XF4/XM2 (obecně pro horní beton)
- konzistence odpovídající požadavkům pokládky (technologii pokládky, zhutnění, textuře povrchu)
- napojení nájezdu a výjezdu z betonu přibližně 50 m

Při dostatečném návrhu a odborné realizaci „betonových okružních křižovatek“ lze očekávat dlouhou technickou životnost při nízkých nákladech na údržbu. Zkušenosti a doporučení jako výpomoc pro praktickou realizaci jsou obsažené v návodech „Betonové okružní křižovatky“ [9, 10].

Obrázek 7: Okružní křižovatka Grillgasse, Vídeň – rok výstavby 2002 [Foto MA28]

Literatura

[1] Steigenberger, J.: Kreisverkehrsplätze in Betonbauweise – Erfahrungen in Österreich, Straße + Autobahn, 6/2006

[2] RVS 03.08.63, Ausgabe Mai 2005: Bautechnische Details – Oberbaumessung, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at

[3] Wedl, S.: Kreisverkehrsanlagen mit Betondecken – State-of-the-Art in Austria, Technische Universität Wien, Institut für Straßenbau und Straßenerhaltung, September 2005

[4] Wedl, S.: Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken – Bemessung und Ausführung. Technische Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, Diplomarbeit, Februar 2007

[5] Blab, R.; Steigenberger, J.: Kreisverkehrsanlagen in Betonbauweise, Zement und Beton, Heft 2/2007, Wien

[6] RVS 08.17.02, Ausgabe März 2007: Betondecken – Deckenherstellung, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at

[7] Steigenberger, J.: Noch kürzere Reparaturzeiten mit dem 12-Stunden-Beton. Aktuelles zum Thema Betonstraßen. Update, 2/2003 www.zement.at

[8] ÖNORM B 4710-1, Ausgabe Oktober 2007: Beton – Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis, Österreichisches Normungsinstitut, Wien, www.on-norm.at

[9] Merkblatt „Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken“, Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik, Wien, Ausgabe Oktober 2006, www.concrete-austria.com

[10] Merkblatt RVS 08.17.03, Ausgabe Oktober 2008: Kreisverkehre mit Betonfahrbahndecken, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene - Verkehr (FSV), Wien, www.fsv.at

Letištní vozovky a některé poznatky z provozu

Ing. Vladimír Roith

Nikodém & Partner

Úvodem

Příspěvek navazuje na příspěvek autora uvedeného na konferenci v roce 2006, který pojednával o specifikách, výhodách a nevýhodách betonového krytu pro letištní vozovky. Tento příspěvek se snaží shrnout poznatky z oprav a rekonstrukcí betonových vozovek na letišti Praha-Ruzyně a znovu připomenout různé postupy zvolených rekonstrukcí a oprav, které se po čase ukázaly jako chybné.

Vozovky dráhového systému – minulost

Výstavba zpevněných drah na letišti probíhá postupně od poloviny čtyřicátých let minulého století. K největší výstavbě ploch však dochází v průběhu šedesátých let při tzv. Nové výstavbě letiště, kdy byl vybudován celý severní odbavovací areál letiště a hlavní vzletová a přistávací dráha (RWY) 07/25 (nyní s označením 06/24) a prodloužena dráha 13/31. Konstrukce tehdy vybudovaných vozovek měly tuhý kryt a následující skladbu:

- betonová deska 320 mm
- cementová stabilizace 140 mm
- hlinitá stabilizace 140 mm
- štěrkopísek 250 mm

Na letišti se samozřejmě vyskytují i jiné typy (zejména na RWY 13/31), ale výše uvedené jsou nerozšířenější a z hlediska provozu nejcharakterističtější.
Na těchto vozovkách se začaly poměrně brzy vyskytovat poruchy, hlavně poruchy povrchu, a to nejdříve na vzletových a přistávacích dráhách, později i na pojezdových dráhách a odbavovací ploše. Způsob oprav/rekonstrukcí byl dlouho diskutován a následně zvolen s ohledem na druh provozu (rychlost pojezdu apod.), možnost navýšení nivelety, tvar opravované plochy apod. V průběhu osmdesátých let se na letištních vozovkách provedly celkem tři základní druhy oprav (rekonstrukcí):

- položení nové betonové desky na původní kryt
- oprava povrchu živičnou vrstvou tl. cca 60 mm s přiznáním spár původního krytu
- oprava krytu živičnými vrstvami v celkové tloušťce cca 160 mm bez přiznání spár

Oprava novou betonovou deskou

Nejprve bylo nutné již počátkem osmdesátých let přikročit k rekonstrukci obou hlavních vzletových a přistávacích drah (13/31 a 07/25) a pojezdové dráhy (TWY) F. Zde byl zvolen dosud v našich zemích nevyzkoušený způsob opravy povrchu: položení nové prosté betonové desky v tl. 240 mm na stávající betonový kryt s oddělením obou desek tenkým postřikem ze živičné hmoty s názvem Separol. Vytvořila se tak dvoudesková konstrukce a předpokládalo se, že bude mít vysokou únosnost i dlouhou životnost. Bohužel velice brzy po uvedení do provozu se začaly vyskytovat poruchy (trhliny, ulomené rohy). Důvodem byla absence mezivrstvy, která by vyrovnala nerovnosti povrchu původní desky, které byly poměrně velké. Vlivem teplotních změn došlo k posunu horních desek po spodních a tím ke ztrátě celoplošného podepření horní desky a vzniku pouze bodového podepření. Rozvoj poruch zejména na nejvíce zatěžovaných úsecích byl takový, že již po deseti letech bulo nutné přistoupit k další rekonstrukci vozovky, která byla provedena vybouráním obou betonových desek a nahrazením pouze jednou.

Oprava živičnými vrstvami

Ve druhé polovině osmdesátých let pak bylo nutné přistoupit k opravám i na pojezdových dráhách a zejména na odbavovací ploše. Po špatných zkušenostech s dvoudeskovou konstrukcí, z důvodu omezených možností navýšení nivelety a hlavně z důvodu finančních byl zvolen způsob opravy pouze položením živičných vrstev na stávající desku. Hlavně u odbavovací plochy a některých pojezdových drah navazujících bezprostředně na odbavovací plochu byl zvolen způsob položení tenké vrstvy tl. 60 mm spojený s odfrézováním zvětralého betonového povrchu v tl. cca 20 mm a s prořezáním spár v místech stávajících spár. U vzdálenějších pojezdových drah se oprava provedla položením tří živičných vrstev v celkové tloušťce cca 160 mm, aby nemusely být prořezány spáry, které jsou v živičných krytech vždy potenciálním zdrojem poruch. Tento způsob oprav se z počátku jevil jako poměrně vhodný – byl rychlý, poměrně levný, drobné poruchy se daly rovněž rychle a levně opravit, kryt se tedy snadno udržoval. Životnost těchto oprav byla zpočátku více jak 10 let, ovšem v souvislosti s poměrně prudkým nárůstem provozu od poloviny devadesátých let se životnost výrazně zkracovala a nyní je poměrně méně jak deset let, přestože technologické vybavení zhotovitelů, technologická kázeň a kvalita použitých materiálů je výrazně lepší.

Zhodnocení oprav

Dvoudesková konstrukce: je možné říci, že tato konstrukce je pro letištní vozovky, kde je vysoké zatížení od podvozků letadel, kde jsou i vysoké rychlosti pojezdu (na vzletových a přistávacích dráhách je i přes 200 km/h) naprosto nevhodné. Pokud se nepoužije mezivrstva vyrovnávající nerovnosti spodní vrstvy, dojde k problémům, které byly popsány v předchozím odstavci, v případě použití vyrovnávací kluzné mezivrstvy je nebezpečí její degradace v průběhu času a tím možného vzniku poklesu desek vůči sobě, což při vysokých zatíženích a rychlostech povede nejen opět k rychlému rozvoji poruch, ale vznikne i nebezpečí poškození podvozků letadel. U letištních vozovek (narozdíl od silničních) je ještě jedno nebezpečí. Při poruchách krytu dochází k uvolňování materiálu z krytu (úlomky, volné kamínky apod.) a ty mohou být nasáty turbínovými motory letounů, což vede k jejich poškození. Určitým řešením by mohlo být při použití tlusté kluzné mezivrstvy vyztužení spár kluznými trny (u příčných spár), případně kotvami (u podélných spár).
U tohoto typu konstrukce se však může ještě vyskytnout jedno nebezpečí, které je popsáno v další samostatné kapitole.

Opravy živičnými vrstvami: ani tyto opravy se neukázaly jako vhodné, zejména pak na vozovkách, kde dochází k zastavování letadel. Vyskytují se zde problémy známé ze silničních komunikací v prostoru křižovatek s velkým provozem, z komunikací s velkým provozem kamionové dopravy a hlavně z autobusových zastávek, přičemž u podvozků letadel je dotykový tlak pneumatiky zhruba dvojnásobný. K deformacím živičného krytu dochází i přes použití materiálů s vysokou stabilitou. V současné době musel provozovatel letiště Ruzyně přistoupit ke kompletní výměně živičného krytu v prostoru stojánek letadel na odbavovací ploště letiště za tuhý, cementobetonový. Kromě toho samozřejmě živičný kryt není na odbavovací ploše vhodný z důvodu, že není odolný vůči ropným látkám, neboť se na těchto plochách doplňuje palivo do letadel.
Podle zkušeností s těmito druhy oprav lze tedy říci, že tento druh opravy je vhodný pouze na vozovkách pojezdových drah, kde nedochází k pravidelnému zastavování letadel. A pokud se použije oprava živičnými vrstvami, je mnohem vhodnější použití opravy v tl. min. 160 mm s pečlivě voleným druhem a materiálem jednotlivých vrstev a s vloženou výztužnou textilií/mřížovinou, která zabrání šíření poruch ze spodních původních vrstev.

Pojezdová dráha F na letišti Ruzyně

U této dráhy, přesněji řečeno u jednoho jejího úseku, se vyskytl v posledních letech jeden speciální problém. Tato dráhy byla opravena obdobně jako vzletové a přistávací dráhy nadbetonováním druhé desky v tl. cca 240 mm na původní desku tl. 320 mm. Navíc pak byl na přelomu století opraven povrch živičnými vrstvami v tl. 60–80 mm. Předmětný úsek je v mírném údolnicovém oblouku, dráha má jednostranný sklon, stejně jako navazující terén. Podél nižšího okraje dráhy je mělký betonový žlab, který odvádí srážkovou vodu do vpustí a do dešťové kanalizace. Podél vyššího okraje dráhy je pak proveden postranní (bezprašný) pás šířky cca 7 m, který má opačný sklon než dráha a přilehlý terén. U této vozovky dochází v poslední době po zimním období a po déle trvajících deštích při přejezdu letadla k výtryskům vody v místě spár a v důsledku toho i vyplavování materiálu z podkladu podloží vozovky. Vlivem posunu desek vůči sobě vznikl mezi nimi volný prostor a desky se tak začaly vůči sobě pohybovat i ve vertikálním směru. Zřejmě z důvodu nefunkčnosti drenáží pod plání vozovky dochází pak ke shromažďování vody v prostoru mezi betonovými deskami, která nemá díky průběhu nivelety kam odtékat. Stlačením desek při zatížení podvozkem letadla pak dojde k vytlačení vody jak na povrch, tak i do podloží. Postupem času pravděpodobně došlo i k narušení podkladních vrstev a podloží a tím ke zvětšení pohybu celé konstrukce, a tedy ke stále výraznějším výtryskům vody a vyplavování materiálu.
Opravu tohoto úseku chystá z provozních důvodů provozovatel letiště až na následující rok, než je zpracováván tento příspěvek, a proto není zatím možné prakticky ověřit tyto teoretické úvahy. Je to však zřejmě také jeden z důkazů nevhodnosti dvoudeskové konstrukce, i když opravdu velmi specifický.

Závěr

Z výše uvedených skutečností je možné vyvodit jeden hlavní závěr, že u letištních vozovek je vhodné, aby měly vždy jednotnou konstrukci, betonovou nebo živičnou, a u betonových vozovek pak jednodeskovou konstrukci. Způsob opravy vždy velice pečlivě zvažovat a spíše přikročit k rekonstrukcím (v rámci možností), aby taková vozovka měla charakter novostavby. Dílčí opravy budou mít na letištích s vyšším provozem vždy jen velmi dočasný charakter. U ploch, kde lze předpokládat pomalý pojezd a pravidelné zastavování letadel, pak navrhovat pouze vozovky s tuhým krytem.

Obr. 1 : Pojezdová dráha – dvoudesková konstrukce, podélné trhliny v místě pojezdu podvozků letadel
foto: autor

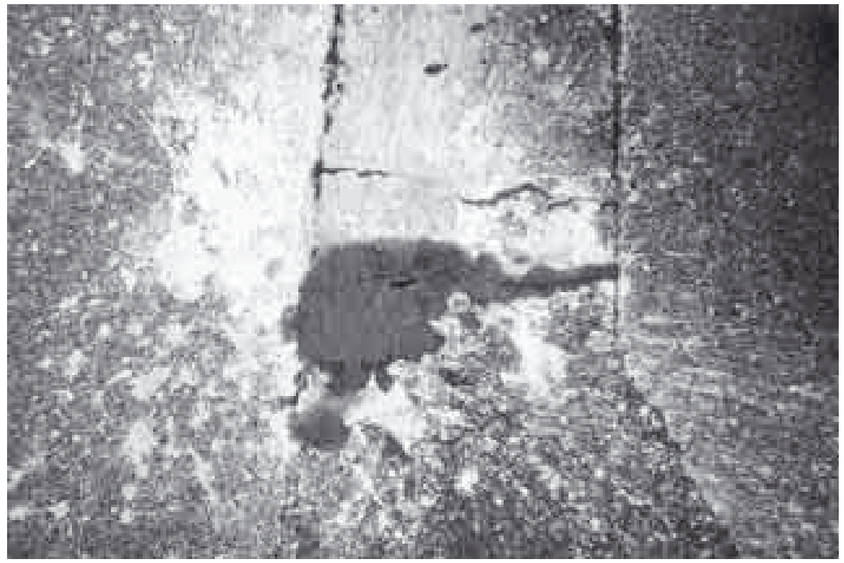
Obr. 2 : Povrch původní desky z roku 1962 (stav v roce 2004 po vybourání horní rekonstrukční desky)
foto: ing. Škarková

Obr. 3 : Podélné trhliny v živičných vrstvách tl. 160 mm
foto: autor

Obr. 4 : TWY F – výron vody z podkladu (stav v 04/2008)
foto: autor

Obr.5 : TWY F – Detail v okolí spáry (stav v 04/2008)
foto: autor

Obr. 6 : TWY F – Stejný úsek, ale stav v 08/2008
foto: ing. Jareš



Obr. 7 : TWY F – detail u spáry (stav v 08/2008)
foto: ing. Jareš

Obr. 8 : Deformace krytu vozovky na stojánce letadel, živičná vrstva tl. 60 mm na betonové desce tl. 300 mm
foto: autor

Stavba těžce zatížených ploch v České republice. Terminál ČD Lovosice

Ing. Jaroslava Škarková
Dálniční stavby Praha, a.s.

Abstrakt

Stavby těžce zatížených průmyslových ploch nabývají v České republice na významu. Dálniční stavby Praha, a.s., realizovaly v roce 2007 „Kontejnerový veřejný terminál ČD v žst. Lovosice při průmyslovém logistickém centru Lovosice“. Tato těžce zatížená plocha měla speciálně navrženou konstrukci s cementobetonovým krytem. Příspěvek se týká části určené ke skladování až pěti stohovaných kontejnerů, tzn. nejvíce zatížené části terminálu ČD Lovosice.

1. Úvod

Protože cementobetonové kryty mají schopnost rozložení vysokého zatížení, vysokou odolnost proti opotřebení a odolávají trvalým a koncentrovaným zatížením bez trvalého průhybu, vyhovují pro průmyslové plochy, které jsou zatěžovány osovým zatížením převyšujícím 100 metrických tun a rovněž koncentrovanému zatížení kontejnery /1/.
V České republice je s takto vysoce zatěžovanými plochami poměrně velmi málo zkušeností, proto vlastnosti betonu a cementobetonového krytu byly průběžně konfrontovány s informacemi uvedenými v publikaci Concrete Hardstanding /2/.

2. Konstrukce vozovky

Posouzení /3/ bylo zpracováno na základě TP 170 /4/ s ohledem na ČSN 73 6114 /5/, ČSN 73 6133 /6/ a řadu souvisejících technologických norem. Vozovka byla posouzena podle TP 170 na základě výpočtu napětí v cementobetonové desce metodou konečných prvků a zároveň podle upravené metodiky ON 73 6440 „Navrhování rekonstrukcí CB letištních ploch zesílením“ /7/. Důvodem je fakt, že tuto konstrukci lze porovnat s letištní vozovkou, protože plně zatížené návrhové vozidlo vyvozuje svojí přední nápravou silové účinky odpovídající účinkům podvozku středně velkého letadla.
Bylo předepsáno zlepšení podložních zemin tak, aby byla zajištěna hodnota ekvivalentního modulu pružnosti 70, resp. 80 MPa a navržena následující skladba betonové vozovky:

Cementový beton	CB I	350 mm
Kamenivo zpevněné cementem	KSC I	250 mm
Štěrkodrť	ŠD	290 mm
Celkem		890 mm

Projekt předepisuje cementobetonový kryt skupiny CB I (označení podle tab. 2 ČSN 73 6123-1 /8/), s upřesněním charakteristické pevnosti betonu v tahu ohybem min. 5,0 MPa.

3. Beton pro cementobetonový kryt

V rámci průkazních zkoušek vozovkových betonů jsou pro DSP a.s. prováděny zkoušky pevností v tahu ohybem na trámcích 15x15x70 cm, pevností v tlaku na zlomcích trámců 15x15x70 cm, pevností v tlaku na krychlích o hraně 15 cm, pevností v tlaku a příčném tahu na válcích 15/30 cm.
Na základě dosažených výsledků kontrolních pevností v tlaku na krychlích a pevností v tlaku jádrových vývrtů z cementobetonového krytu tunelu Panenská/D8 se nabízela možnost použití stejné a v praxi ověřené receptury betonu. Výsledky průkazní zkoušky pro tunel Panenská uvádí tabulka 1:

Tab. 1: Výsledky průkazní laboratorní zkoušky betonu pro tunel Panenská

čerstvý beton	čas po namíchání	vzduch (%)		objemová hmotnost (kg/m³)		stupeň zhutnitelnosti	
		ihned	po 1 hod.	ihned	po 1 hod.	ihned	po 1 hod.
		5,7	5,2	2 458	2 464	1,28	1,43

ztvrdlý beton							
	stáří těles	3 dny	7 dní	28 dní	3 dny	7 dní	28 dní
	pevnosti (MPa)	objemová hmotnost (kg/m³)			v tlaku - krychle		
		2 448	2 450	2 450	30,8	42,2	49,9
			2 460	2 466	v tahu ohybem - trámce		
					5,2	6,5	
					v tlaku na zlomcích		
					38,7	48,9	
			2 451	2 446	v tlaku na válcích f c,cube		
					45,3	54,4	
			2 456	2 474	v příčném tahu na válcích		
					3,58	3,81	

mikroskopie	vzduch celkem (%)	účinný vzduch A300 (%)	spacing faktor (mm)
	5,1	3,5	0,16

Sumarizaci výsledků kontrolních pevností v tlaku na krychlích v místě a době pokládky cementobetonového krytu tunelu Panenská uvádí tabulka 2:

Tab. 2: Kontrolní zkoušky betonu pro CBK D8/tunel Panenská v místě a době pokládky

krychle o hraně 15 cm	objemová hmotnost (kg/m³)	pevnost v tlaku (MPa)
počet	60	60
průměr	2 461	**49,8**
max.	2 497	69,6
min.	2 422	34,4
STD	20	6,6
5% kvantil	2 429	**39,0**
95% kvantil	2 493	**60,6**

Na základě zhodnocení výsledků kontrolních zkoušek bylo rozhodnuto, že pro realizaci cementobetonového krytu terminálu Lovosice bude použita stejná receptura betonu jako pro tunel Panenská, i když požadavek pro pevnost betonu v tahu ohybem je vyšší.
Jako doplnění průkazní zkoušky bylo na betonárce uvažované pro výrobu betonu provedeno zkušební míchání, dosažené výsledky jsou sestaveny v tabulce 3:

Tab. 3: Výsledky vlastností betonu při zkušebním míchání pro akci Lovosice

čerstvý beton	čas po namíchání	vzduch (%)		objemová hmotnost (kg/m³)		stupeň zhutnitelnosti	
		po 10 min.	po 55 min.	po 10 min.	po 55 min.	po 10 min.	po 55 min.
		4,9	3,9	2 463	2 509	1,25	1,30

ztvrdlý beton							
	stáří těles	3 dny	7 dní	28 dní	3 dny	7 dní	28 dní
	pevnosti (MPa)	objemová hmotnost (kg/m³)			v tlaku - krychle		
		2 474	2 479	2 485	34,9	39,8	58,8
			2 453	2 454	v tahu ohybem - trámce		
					6,46	6,54	
					v tlaku na zlomcích		
					41,4	44,9	
				2 449	v tlaku na válcích f c,cube		
					49,3		
				2 486	v příčném tahu na válcích		
					4,34		

mikroskopie	vzduch celkem (%)	účinný vzduch A300 (%)	spacing faktor (mm)
	4,5	3,16	0,099

4. Provádění cementobetonového krytu terminálu ČD Lovosice

Betonová směs pro cementobetonový kryt terminálu ČD Lovosice byla vyráběna ve dvou betonárkách fy Holcim (Česko) v Lovosicích; čas přepravy betonu k finišeru byl cca 40 minut. Betonová směs byla průběžně kontrolována jak u betonárek pro řízení výroby betonu, tak u finišeru, tzn. v místě a době pokládky. Výsledky zkoušek jsou sestaveny v tabulce 4:

Tab. 4: Zkoušky čerstvého a ztvrdlého betonu na betonárce a v místě a době pokládky, terminál ČD Lovosice

	čerstvý beton průměr				**ztvrdlý beton, krychle**	
	vzduch (%)		konzistence		28denní pevnost v tlaku (MPa)	
			sednutí (mm)	stupeň zhutn.		
	betonárka	stavba	betonárka	stavba	betonárka	stavba
počet	15	**81**	15	**81**	30	**40**
průměr	4,47	**4,37**	109	**1,30**	46,8	**55,9**
medián	4,5	**4,40**	100	**1,31**	45,8	**55,4**
max.	4,8	**6,1**	130	**1,39**	57,0	**74,7**
min.	3,9	**2,5**	90	**1,18**	42,0	**40,1**
STD	0,26	**0,64**	12	**0,03**	3,7	**7,8**
5% kvantil	4	**3,3**	89	**1,24**	40,6	**43,1**
95% kvantil	4,9	**5,4**	129	**1,35**	52,9	**68,8**

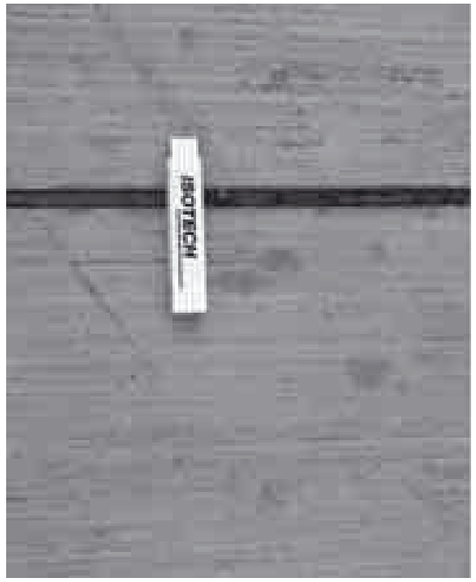
Cementobetonový kryt v šířce 8 m a tloušťce 35 cm byl pokládán jednovrstvou technologií finišerem H+W, přičemž ocelové výztužné prvky byly uloženy v místech budoucích spár na ocelových koších. Podélné a příčné spáry jsou situovány ve vzdálenostech 4 m; to znamená, že vzhledem k zatížení má většina desek příznivý čtvercový tvar.

Obr. 1: Betonáž plochy, podélný hladič vyrovnávající

Obr. 2: Spáry v cementobetonovém krytu drobné nerovnosti

5. Povrchové vlastnosti krytu

Rovnost – naměřené podélné i příčné nerovnosti byly pod hodnotou 4 mm.
Z provozních a technologických důvodů byla diskutovaná betonáž nejzatíženější plochy terminálu prováděna ve dvou časových etapách. V první etapě byla textura povrchu realizována jemným kartáčem, který je běžně používán na letištních plochách. Podle provozovatele plochy však pojezdem po tomto povrchu docházelo u nakladače KALMAR k nadměrnému opotřebení pneumatik. Z tohoto důvodu v druhé etapě byla realizována textura povrchu vlečenou jutou.



Obr. 3: Příčná textura vytvořená kartáčem

Obr. 4: Podélná textura vytvořená vlečenou jutou

6. Vyhodnocení dosažených výsledků

Podle Concrete Hardstanding, /2/, čl.7.3 bylo provedeno informativní vyhodnocení vztahu pevnosti v tlaku k pevnosti v tahu ohybem:
… pevnost v tlaku je ve skutečnosti nepřímým měřítkem pevnosti v tahu ohybem. U směsí obsahujících cementy CEM I podle BS EN 197-1 lze vyjádřit přibližný vztah mezi pevností v tahu ohybem a pevností v tlaku následovně:

Fcuf = 0.75 √Fcu
Fcuf … pevnost v tahu ohybem (MPa)
Fcu … pevnost v tlaku (MPa)

Literatura /2/ rovněž uvádí, že pevnost jádrových vývrtů získaných z vozovky je obecně nižší než pevnost laboratorně zhotovených a ošetřených krychlí a válců. I za vynikajících podmínek pokládky a ošetření nepřesáhne pravděpodobně pevnost jader získaných z desky 70 až 85 % pevnosti standardních zkušebních vzorků. Specifikované pevnosti jsou ty, kterých se dosáhne na laboratorních vzorcích oproti vzorkům získaným z desky. Tento faktor je třeba vzít do úvahy, pokud jádrové vývrty získané z desky budou požívány pro zkoušky shody…

Porovnání výsledků pevností v tlaku a vypočtených informativních pevností v tahu ohybem kontrolních těles zhotovených u finišeru a jádrových vývrtů odebraných z cementobetonového krytu uvádí tabulka 5:

Tab. 5: Informativní přepočet pevnosti v tlaku na pevnost v tahu ohybem podle /2/

	kontrolní krychle u pokládky	**jádrové vývrty**
	pevnost v tlaku 28 dní (MPa)	pevnost v tlaku $f_{ck,core}$ (MPa)
počet	40	11
průměr	**55,9**	**47,2**
5% kvantil	**43,1**	**40,5**
95% kvantil	**68,8**	**54,0**
při k = 0,75 (podle (2))	**informativní tah ohybem (MPa)**	
z průměru	**5,6**	**5,2**
z kvantilu 5 %	**4,9**	**4,8**
95 %	**6,9**	**5,5**
k = 0,85 (reálnější - z porovnání výsledků zkoušek betonu z letiště Praha-Ruzyně a D5/tunel Valík)		
z průměru	**6,36**	**5,84**
z kvantilu 5 %	**5,58**	**5,41**
95 %	**7,05**	**6,25**

7. Závěr

Z výsledků kontrolních zkoušek pevností betonu vyplývají následující závěry:
Na základě dosažených pevností v tlaku zkušebních těles zhotovených u finišeru je zřejmé, že byl vyroben beton o vysoké kvalitě. Z celkového počtu 40 kontrolních pevností v tlaku na krychlích, ze kterých byla s použitím nepříznivého koeficientu 0,75 vypočtena orientační pevnost v tahu ohybem, byl pouze jediný výsledek menší než 5,0 MPa (s hodnotou 4,8 MPa).
Průměrné pevnosti v tlaku jádrových vývrtů jsou 85 % pevností v tlaku kontrolních krychlí zhotovených u finišeru, tzn. leží na horní hranici uvedené v literatuře /2/. Požadavek projektu na pevnost v tahu ohybem byl bezpochyby splněn.
Byl proveden cementobetonový kryt s výbornými fyzikálně mechanickými vlastnostmi, s vynikající rovností a vyhovující texturou povrchu podle požadavků uživatele.

Obr. 5: Nakladač Kalmar na původní ploše

Obr. 6: Těžce zatížená plocha terminálu ČD Lovosice

Pozn.: mnoho informací v problematice navrhování a projektování těžce zatížených ploch poskytuje literatura /2/ a /9/.

Literatura

/1/ J.Silfwerbrand: Swedish Design of Industrial Concrete Pavements, 7th Conference on Concrete Pavements, Orlando 2001

/2/ Concrete Hardstanding, Design Handbook, Guidelines for the Design of Concrete Hardstandings, Britpave 2005

/3/ Návrh a posouzení konstrukcí vozovek pro akci „Kontejnerový veřejný terminál ČD v žst. Lovosice při průmyslovém logistickém centru Lovosice“, Dodatek 2 - Posouzení možnosti konstrukční náhrady podkladní vrstvy MCB vrstvou KSC I , RoadConsult, L.Vébr 2007

/4/ TP 170 „Navrhování vozovek pozemních komunikací“, MD ČR 2004

/5/ ČSN 73 6114 Vozovky pozemních komunikací. Základní ustanovení pro navrhování

/6/ ČSN 73 6133 Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací

/7/ ON 73 6440 Navrhování rekonstrukcí CB letištních ploch zesílením

/8/ ČSN 73 6123-1 Stavba vozovek-Cementobetonové kryty-Část 1: Provádění a kontrola shody

/9/ J. Knapton, M.Meletiou: The Structural Design of Heavy Duty Pavements for Ports and other Industries, Interpave 1996

Cementobetonové kryty na cyklostezkách

Petr Škoda

Skanska DS a.s.

Úvod

Na počátku třetího tisíciletí zaznamenáváme i v České republice velký boom v oblasti budování cyklotras, cyklostezek. Převažují úpravy stávajících komunikací provizorním řešením – osazením dopravního značení. Následně se prosazují systémové přístupy, které s sebou přinášejí zajímavá technická řešení. Jaký je současný vývoj v České republice? Nejsme rozhodně na čelní pozici, pokud se chceme srovnávat s vyspělými evropskými zeměmi. Posláním cyklostezek je pro cyklisty a chodce zajistit bezpečnou dopravu mimo frekventované komunikace. Další využití přináší při ostatních sportovních a turistických aktivitách. V přírodě turisty dovede do atraktivních oblastí a míst. Cyklostezka, jako každá jiná stavba, znamená zásah do krajiny. Z tohoto důvodu se musí respektovat místní podmínky při jejím navrhování. Cyklostezka je ekologickým řešením. Neexistuje však jeden způsob řešení, navrhování cyklostezky. Nabízí se několik technických řešení s různorodým využitím. Základní způsob rozlišení je povrch cyklostezky. Při využití stávajících dopravních cest a komunikací se jedná o polní stezku až po silnici II. či III. třídy. Při navrhování nových tras se setkáváme především se štěrkopískovými povrchy, asfaltovými povrchy nebo zámkovou dlažbou a také betonovým povrchem.

Různé stezky, cesty a trasy, kudy jsou cyklostezky vedeny

Příklady táhnou

Pokud porovnáváme hustotu sítě používaných cyklostezek, tak nejrozvinutější cyklistická doprava je v severozápadní Evropě, konkrétně v Holandsku, Dánsku, Belgii. Jaké tam jsou zkušenosti s cyklostezkami? Všechny obavy z dopravního ruchu zde může jednoduše cyklista pustit z hlavy. V zemích tzv. Beneluxu se cyklisté prohánějí po tisícovkách kilometrů svých cyklostezek, které protkávají tuto oblast jako pavučina. Na křižovatkách jsou speciální semafory, dokonalé ukazatele, vlastní podjezdy, ve městech vlastní jízdní pruhy atd.

Příklad z Kanady

Jaké se používají povrchy cyklostezek? Nejčastěji se setkáváme s betonem a asfaltem s mírnou převahou betonu především v Belgii, ale také v některých státech USA. Beton využívá možnosti různých barevných řešení a povrchové úpravy.

Betonové řešení – CBK na vozovce i cyklostezce v Belgii

Výhody cyklostezek s cementobetonovým krytem

Proč beton? Výhody pro beton jsou srovnatelné s těmi, které zaznamenáváme na dálnicích a silnicích. Zásadně se jedná o rozhodnutí mezi tuhou a netuhou vozovkou.
Pro každého investora je životnost základním předpokladem ekonomické návratnosti investice. Cementobetonový kryt (CBK) se vyznačuje životností 35–50 let. Asfalt 10–15 let. Trvanlivost, udržovatelnost a opravitelnost je u CBK vykazována vyšší schopností odolávat účinkům zatížení a klimatických podmínek než u asfaltu, což je prokázáno pozorováním ŘSD ČR na dálnicích a platí to i pro cyklostezky. Provozní náklady jsou u betonu minimální a prakticky se nemusí řešit.
CBK lépe odolává zatížení při pojíždění těžké techniky. Nemění svůj tvar a povrchovou strukturu. Asfalt je známý změnou tvaru a struktury povrchu, hlavně v letních měsících, kdy se povrch rozpálí od slunce. Prioritou jsou též environmentální aspekty. Beton jako materiál je pro přírodu přirozenější a suroviny jsou z místních národních zdrojů. Nevykazuje ohrožující výluhy. CBK lépe odolává „přírodním vlivům“.

Prorůstání zeleně a kořeny stromů pod asfaltem

Velkou výhodou CBK, kterou na cyklostezkách jejich uživatelé preferují především, je skutečnost, že „beton v noci svítí“, nepohlcuje světlo tak jako černý povrch asfaltu. Dále je CBK v letních slunečných dnech komfortnější, nebot' nevykazuje tak vysoké teploty. Rozdíl teplot mezi betonem a asfaltem je cca 10 stupňů.
Vozovka s CBK vykazuje celkově vysokou spolehlivost. Přesto se investoři betonu na cyklostezkách obávají. Když se zabýváme otázkou proč, nejčastěji zjistíme, že nemají s betonem zkušenosti. Proto je potřeba se zajímat o příklady, reference a nejlépe tuzemské.
Při navrhování cyklostezky je nutné vycházet z pravidel daných především TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací, vydaných Ministerstvem dopravy České republiky. Tato pravidla určují „technické mantinely“ mezi výhodností a nevýhodností navrhovaného řešení.

Beton „v noci svítí“, nepohlcuje světlo

První betonová cyklostezka v Česku a na Slovensk

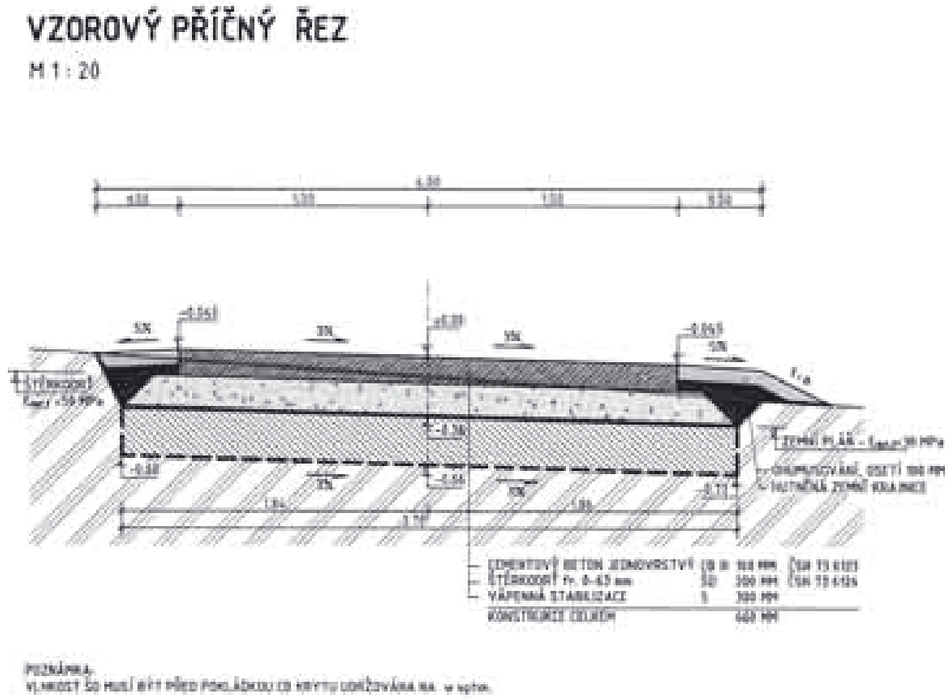
V první polovině roku 2008 byla ve Starém Městě na Uherskohradišťsku slavnostně otevřena cyklostezka s využitím CBK.
Dne 6. srpna 2007 bylo předáno staveniště a započala vlastní výstavba s dokončením stavby do 15.12. 2007. Společnost Skanska DS a.s. při této příležitosti pořádala v říjnu 2007 Technický den, kde s výstavbou cementobetonového krytu na cyklostezce seznámila širokou laickou i odbornou veřejnost. Předvedla zde část již vybetonovaného úseku a dále vlastní pokládku cementobetonového krytu finišerovou technologií.
Projekt zpracoval pan Ing. Josef Pavliš, projekční kancelář Ekola – Pavliš s.r.o. Cyklostezka navazuje na již vybudovanou cyklostezku z Babic do Starého Města podél Bat'ova kanálu a přivádí cyklisty k řece Moravě a dále k obcím Kostelany a Nedakonice. Pro cyklisty se tak zkracuje a odvádí doprava z frekventované silnice II. třídy ve směru Staré Město – Kyjov.
Cyklostezka je budována částečně pod hrází a částečně na hrázi řeky Moravy. Proto musely být v návrhu respektovány přísné vodohospodářské normy. Betonový povrch je v prvním úseku v délce 1 595 m, v šířce 3 m. Při konstrukčním řešení musela být dodržena všechna pravidla pro navrhování cementobetonových krytů na vozovkách, tzn. především tloušťka CBK a vzdálenost příčných spár. Tloušťka betonové desky je 160 mm. Příčné spáry jsou provedeny po 4 metrech.

Pokládka CBK finišerem CMI

V příčných spárách byly uloženy kluzné trny. Na šířku dané desky bylo uloženo 6 kluzných trnů průměru 16 mm a délky 500 mm s osovou vzdáleností 500 mm. Trny jsou uloženy 88 mm pod povrchem. Spára je prořezána do hloubky 45 mm, komůrka je 8 mm široká a 15 mm hluboká se sraženými hranami. Povrch betonu byl upraven osvědčenou technologií tažené juty. Pokládku provedl finišer střední kategorie velikosti CMI. CBK provedený touto technologií nevyžaduje obruby, což se při stavbě projevilo na rychlejším a levnějším způsobu realizace.

Cyklostezka v úseku u Starého Města v provozu

Celkovou konstrukční skladbu tvoří vozovkový beton jednovrstevný 160 mm, štěrkodrť frakce 0/63 mm a vápenná stabilizace 300 mm. Původní návrhy štěrkodrti 0/45 mm a vápenné stabilizace 150 mm byly změněny z důvodů dosažení dokonalejší únosnosti.



Vzorový příčný řez cyklostezky Staré Město – Nedakonice

Další, v pořadí již druhou budovanou cyklostezkou v ČR s využitím CBK je cyklostezka vedená z Uherského Brodu do Nivnice. Cyklostezka je navržena v délce necelých 3 km v obdobné konstrukční skladbě jako v předchozím případě ze Starého Města. Výjimečný je zde podélný sklon, který v některých úsecích představuje až 5%.

Cyklostezka z Uherského Brodu do Nivnice bude ukončena v listopadu 2008

Zajímavým technickým prvkem použitým na této cyklostezce je solární osvětlení, pro které se rozhodlo zastupitelstvo obce Nivnice v úseku cyklostezky přiléhajícím k obci. Využití tohoto ekologického způsobu osvětlení bylo mimo jiné podloženo argumentem spočívajícím ve světlém a světlo nepohlcujícím betonovém povrchu. Vedle ekologického přínosu má využití solárního osvětlení i přínos ekonomický.

Betonový povrch je oblíben zejména mezi uživateli kolečkových bruslí a přesně provedená příčná dilatační spára se zálivkou není při jízdě téměř znatelná

Závěr

Řešení povrchu cyklostezky s využitím CBK se stává běžné i v České republice. Při složitém navrhování projekčního řešení je nutné respektovat především ekologické požadavky. Dále to jsou technické požadavky, jako je předpokládané zatížení. Jedná se o pojezdy těžké techniky při využití cyklostezky jako přístupové cesty nebo pro údržbovou techniku. Opomenuty nesmí být klimatické podmínky a charakteristika podloží. Z těchto důvodů vyplývá, že je potřebné povrchy a konstrukce cyklostezek podřizovat místním podmínkám a volit tak nejvhodnější způsoby provedení. Ne vždy musí být CBK správným řešením. V porovnání s asfaltem však vykazuje řadu výhod. Je na investorech a projektantech, jak v budoucích projektech dostupné informace a zkušenosti využijí ve prospěch betonového řešení. Vyslyšeni by také měli být se svými názory uživatelé cyklostezek, široká veřejnost, především cyklisté, turisté a ostatní sportovci.

Cementobetonové kryty vozovek

Naše společnost
Dálniční stavby Praha, a.s.
provádí cementobetonové kryty pro:

- silnice a dálnice
- letištní dráhy a plochy
- těžce zatížené průmyslové plochy
- obchodní centra

Pokládka betonu:

a) dvouvrstvovou technologií systémem „ čerstvé na čerstvé“ soustavou dvou na sobě nezávislých finišerů typu Heilit+Woerner s posuvnou bočnicí a s automatickým vkládáním kluzných trnů do příčných spár

b) jednovrstvovou technologií s fixací kluzných trnů do ocelových košů

- ukládání kotev do podélných spár (výztužné prvky ve spárách zlepšují spolupůsobení desek a zamezují nerovnostem na hranách spár)
- nastavitelná pracovní šířka finišeru až na 16,75 m
- zajištění rovnosti povrchu tzv. podélným hladičem
- textura povrchu vytvářená jutou příp. jemnými kartáči podle požadavků na protismykové vlastnosti a hlučnost povrchu

Výhody:

- dlouhá životnost (35 let a více)
- vysoká odolnost proti trvalým deformacím
- dobré optické vlastnosti
- nehořlavé – nezbytné do tunelů
- možnost vytvoření různých textur povrchu a tím ovlivnění emisí hluku až na úroveň asfaltových povrchů
- z hlediska celoživotních nákladů výhodnější než asfaltové vozovky

DALNIČNÍ STAVBY PRAHA

měníme svět ...

Cement Hranice, akciová společnost
Bělotínská 288
753 39 Hranice I – Město
Česká republika

Tel. +420 581 829 111
Fax. +420 581 829 475
E-mail: cement@cement.cz
www.cement.cz

Cement Hranice

Váš spolehlivý dodavatel na všechny stavby

cement | kamenivo | beton

Pro české stavebnictví dodáváme již několik let kvalitní cement, kamenivo a beton, které tvoří základ pro technicky náročné a společensky významné stavby. Avšak více než velikost stavby je pro nás vždy důležitá spokojenost našich zákazníků.

www.holcim.cz
www.zapomente-na-sedy-prumer.cz

Holcim

HEIDELBERGCEMENT

ČESKOMORAVSKÝ CEMENT
HEIDELBERGCEMENT Group
www.cmcem.cz

ČESKOMORAVSKÝ ŠTĚRK
HEIDELBERGCEMENT Group
www.cmsterk.cz

ČESKOMORAVSKÝ BETON
HEIDELBERGCEMENT Group
www.cmbeton.cz

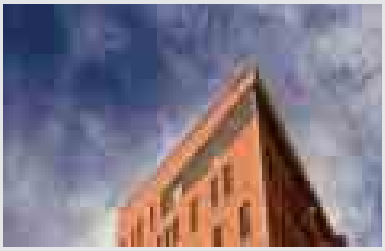
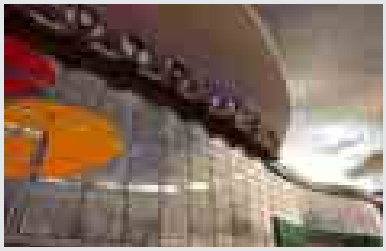
PILÍŘE VAŠEHO ÚSPĚCHU

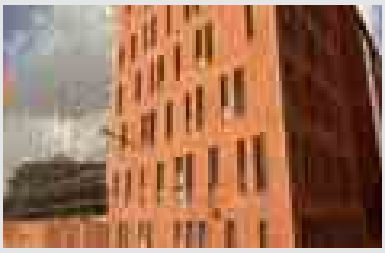
Jsme silnou skupinou ve výrobě stavebních hmot v České republice. Produkci cementu, kameniva a betonu ve vysoké kvalitě kombinujeme s dlouhodobými zkušenostmi a profesionalitou našich zaměstnanců. Soustavně zvyšujeme kvalitu svých výrobků a služeb. Vždy stavíme na spokojenosti zákazníků, protože jejich úspěch je i naším úspěchem.

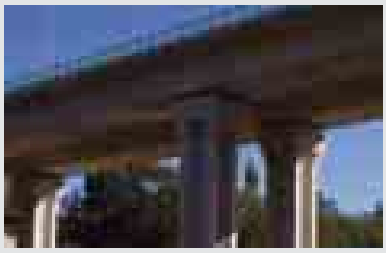
Neustále sledujeme nové trendy ve stavebnictví, kterým přizpůsobujeme nabídku výrobků. Výsledkem našich inovací je i Easycrete® – první značkový lehce zpracovatelný až samozhutnitelný beton v České republice. Easycrete® umožňuje realizaci i těch nejsložitějších detailů s bezvadným vzhledem pohledových ploch.

www.easycrete.cz

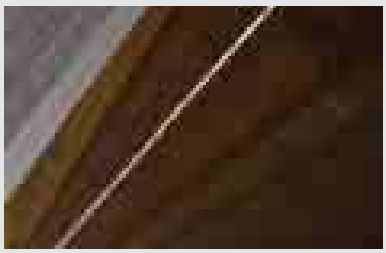
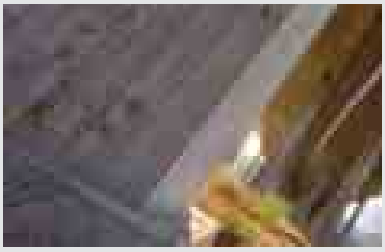
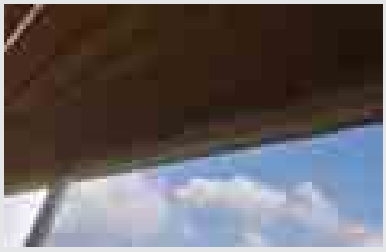
materiály se kterými postavíme svět

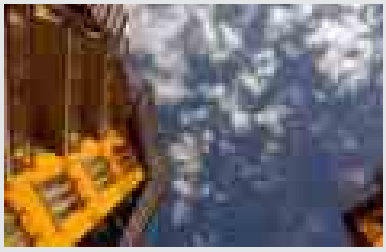



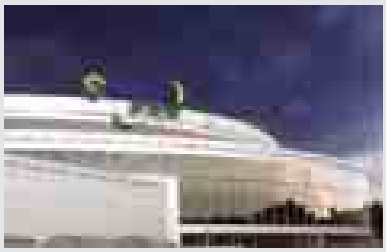
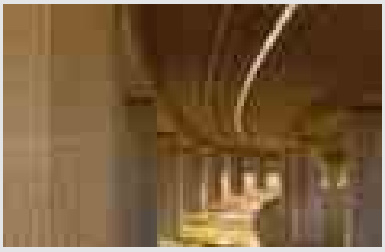




www.lafarge.cz



Portlandský cement
CEM I 52,5 R
Doporučené použití
- betony vysokých počátečních pevností
- náročné betonové prvky
- velmi namáhané prefabrikované konstrukce

Portlandské struskové cementy
CEM II/B-S 32,5 R
CEM II/A-S 42,5 R

Portlandské směsné cementy
CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R
CEM II/A-M (S-LL) 42,5 R
Doporučené použití
- běžné betony, základy staveb
- masivní betonové konstrukce
- běžné betonové a železobetonové konstrukce
- prefabrikované výrobky

Multibat PLUS
- maltovinové pojivo
- vhodné pro zdění a omítání všech typů stavebních konstrukcí

Lafarge Cement, a.s.
411 12 Čížkovice čp. 27
tel.: 416 577 111
www.lafarge.cz

LAFARGE